



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“EFECTOS DEL DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA EN
ESTRUCTURAS DE EDIFICACIONES SOCIALES EN LA CIUDAD DE
HUARAZ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTOR:

MAZA RUBINA ARTURO ESAQUIEL

ASESOR:

DR. CHAVARRY VALLEJOS CARLOS MAGNO

JURADO:

DR. FLORES VIDAL HIGINIO EXEQUIEL

DR. CONTRERAS ARANDA SANTIAGO ESTEBAN

DR. MAYHUASCA GUERRA JORGE VÍCTOR

LIMA-PERÚ

2019

ÍNDICE

ÍNDICE.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	15
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1. Descripción del Problema	18
1.2. Formulación del problema	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	20
1.4. Limitación de la Investigación.....	21
1.5. Objetivos.....	22
1.5.1. Objetivo general	22
1.5.2. Objetivos específicos	23
II. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes.	24
2.1.1. Antecedentes internacionales	24
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	25
2.2. Marco conceptual	27
2.2.1. Clasificación de los sistemas de protección sísmica	27
2.2.2. Sistemas de control pasivos.....	28
2.2.3. Disipadores metálicos	30
2.2.4. Bases teóricas especializadas sobre los DMF	42
2.2.5. Métodos basados en amortiguamiento equivalente.....	55
2.2.6. Diseño del disipador de energía metálico de fluencia DMF.	62
2.2.7. Edificación sismorresistente.....	69

2.3. Aspectos de responsabilidad social y medio ambiental.....	74
III. MÉTODO	76
3.1. Tipo de investigación:.....	76
3.2. Población y muestra	76
3.2.1. Población:.....	76
3.2.2. Muestra:.....	77
3.3. Hipótesis	80
3.3.1. Hipótesis general	80
3.3.2. Hipótesis específicas	80
3.4. Operacionalización de variables	81
3.5. Instrumentos	82
3.6. Procedimientos.....	85
3.6.1. Procedimiento para el análisis sísmico.....	85
3.6.2. Procedimiento para la determinación el sismo de diseño.....	85
3.6.3. Determinación del sismo de diseño (análisis dinámico espectral)	88
3.6.4. Análisis del edificio con difusores de energía	91
3.6.5. Modelo Utilizado para la edificación disipada-Etabs.....	96
3.6.6. Dimensiones y características finales de los difusores DMF	98
3.7. Análisis de datos	99
IV. RESULTADOS.....	102
4.1. Contrastación de hipótesis	104
4.2. Análisis e interpretación	110
4.2.1. Resultados del Análisis Estático.....	110
4.2.2. Resultados del análisis espectral	121
4.2.3. Periodo de Vibración.....	132
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	137
5.1 Discusión.....	137
5.2. Conclusiones	148
5.3. Recomendaciones	149
VI. REFERENCIAS	151
VII. ANEXOS	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de disipadores metálicos, esquema e instalación	32
Tabla 2. Constantes geométricas y mecánicas de una placa de acero	55
Tabla 3. Disipadores histeréticos (fluencia).....	57
Tabla 4. Ensayo de testigos del DMF a tracción.....	58
Tabla 5. Parámetros obtenidos aplicando las ecuaciones 15, 16,17 y 18	60
Tabla 6. Sismos para análisis.....	70
Tabla 7. Parámetros sísmicos	89
Tabla 8. Espectro de pseudo aceleraciones- espectro objetivo.....	90
Tabla 9. Características principales de los disipadores metálicos de fluencia DMF.....	98
Tabla 10. Secuencia para el análisis de los resultados estático y espectral	103
Tabla 11. Desplazamiento del sistema disipado.....	110
Tabla 12. Desplazamiento de Entrepiso (m) sismo actuando en la dirección X-X.	112
Tabla 13. Desplazamiento de entrepiso debido al sismo en la dirección Y-Y.	113
Tabla 14. Deriva de entrepiso en la dirección X-X, debido al sismo en la dirección X-X.	114
Tabla 15. Deriva de entrepiso en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.	115
Tabla 16. Fuerza axial máxima (t) en la dirección X-X, sismo actuando en la dirección XX.....	116
Tabla 17. Fuerza axial máxima (t) en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.	116
Tabla 18. Fuerza cortante máxima (t) en la dirección X-X, sismo actuando en la dirección X-X.	117
Tabla 19. Fuerza cortante máxima (t) en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.	118
Tabla 20. Momento flector máximo (t-m) en la dirección X-X., sismo actuando en la dirección X-X.....	119
Tabla 21. Momento flector máximo (t-m) en la dirección Y-Y sismo actuando en la dirección YY.....	120
Tabla 22. Desplazamiento del sistema disipado.....	121
Tabla 23. Desplazamiento de entrepiso (m) sismo actuando en la dirección X-X.....	123
Tabla 24. Desplazamiento de entrepiso (m), sismo actuando en la dirección Y-Y.....	124
Tabla 25. Deriva de entrepiso la dirección X-X, sismo espectral actuando en la dirección X-X.	125
Tabla 26. Deriva de entrepiso la dirección YY, sismo espectral en la dirección YY.	126
Tabla 27. Fuerza axial máxima (t) en la dirección X-X, sismo actuando en la dirección X-X.	126
Tabla 28. Fuerza axial máxima (t) en la dirección Y-Y., sismo actuando en la dirección Y-Y.	127

Tabla 29. Fuerza cortante máxima (t) en la dirección XX debido al sismo en la dirección XX.....	128
Tabla 30. Fuerza cortante máxima (t) en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.	129
Tabla 31. El momento flector máximo (t-m) en la dirección X-X, sismo actuando en la dirección X-X.....	130
Tabla 32. El momento flector máximo (t-m) en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.....	131
Tabla 33. Periodos de vibración de la estructura.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los sistemas de control estructural.....	28
Figura 2. Clasificación de los disipadores de energía sísmica.	28
Figura 3. Configuración básica de una estructura con sistemas de control pasivo.	29
Figura 4. Elementos disipadores de energía DMF.	34
Figura 5. Componentes de la estructura secundaria auxiliar.	35
Figura 6. Montaje del disipador metálico de fluencia en la estructura auxiliar.....	37
Figura 7. Disipador de energía metálico de fluencia, en el pórtico de análisis.	38
Figura 8. Desplazamientos en el disipador metálico de fluencia (DMF).....	40
Figura 9. Detalles del desplazamiento lateral del pórtico con disipador y del pórtico sin disipador de energía.	40
Figura 10. Disipador metálico de fluencia.	43
Figura 11. Detalles del elemento disipador de sección I.	43
Figura 12. Detalles de la unión entre las secciones I y las barras auxiliares.	44
Figura 13. Deformación a flexión de la sección I del disipador MDF.	45
Figura 14. Curva carga-desplazamiento.	46
Figura 15. Instalación de disipadores MDF en una estructura.	47
Figura 16. Dimensiones nominales del segmento de perfil de acero de sección I (mm). ..	49
Figura 17. Curva de esfuerzo /deformación típica del acero.	50
Figura 18. Respuesta esfuerzo deformación del acero estructural monotónico y cíclico.....	51
Figura 19. Perfil I como placa biempotrada.	52
Figura 20. Fallo de los segmentos del disipador debido a flexión.	61
Figura 21. Patrón de rotura en los disipadores MDF.	61
Figura 22. Patrón de deformación típico del disipador MDF.....	62
Figura 23. Vistas frontal y lateral del dispositivo disipador de energía metálico de fluencia	62
Figura 24. Configuración de la conexión entre los brazos metálicos y los disipadores DMF.....	63
Figura 25. Detalles del disipador metálico de fluencia construido en el taller de MFCA..	68
Figura 26. Detalles del disipador metálico de fluencia en 3D, en desmontaje construido en el taller de la FCA-UNASAM	69

Figura 27. Registros sísmicos en dos componentes (E-W y N-S), para analizar la estructura.....	87
Figura 28. Edificación convencional empotrada vista en planta.	94
Figura 29. Espectro de pseudo - aceleración (R=1).....	94
Figura 30. Edificación convencional empotrada vista en elevación.	95
Figura 31. Edificación disipada vista en elevación 3D.	96
Figura 32. Edificación disipada vista en elevación.	97
Figura 33. Edificación empotrada sometido a sismo.....	97
Figura 34. Reducción de parámetros fundamentales insertando el DMDF.....	110
Figura 35. Desplazamiento máximo del sistema de disipación en la dirección del sismo en X e Y del sistema con disipadores.	111
Figura 36. Desplazamientos generados por el sismo en la dirección del eje XX.....	112
Figura 37. Desplazamientos causados por el sismo actuando en la dirección del eje YY.....	113
Figura 38. Derivas de los entrepisos generados por el sismo en la dirección del eje X-X.....	114
Figura 39. Derivas de los entrepisos generados por el sismo en la dirección del eje YY.....	115
Figura 40. Muestra la fuerza axial máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X.....	116
Figura 41. Fuerza axial máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje Y-Y.....	117
Figura 42. Muestra que fuerza cortante máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X.....	118
Figura 43. Muestra que fuerza cortante máxima generados en la edificación convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje Y-Y.....	119
Figura 44. Muestra el momento flector máximo generado en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X.....	120
Figura 45. Muestra que el momento flector máximo generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección de eje Y-Y.....	121
Figura 46. Desplazamiento máximo del sistema de disipación en la dirección del sismo en X e Y, determinadas mediante análisis espectral.....	122

Figura 47. Muestra los desplazamientos generados por el sismo espectral en el edificio convencional en la dirección del Eje X-X.	123
Figura 48. Muestra el desplazamiento generados por el sismo espectral en el edificio convencional en la dirección del eje Y-Y.....	124
Figura 49. Muestra las derivas de los entrepisos generados en el edificio convencional y disipado, por el sismo en la dirección del eje X-X.	125
Figura 50. Muestra las derivas de los entrepisos producidos en el edificio convencional y disipado por el sismo actuando en la dirección del eje Y-Y.....	126
Figura 51. Fuerza axial máxima se produce en el edificio convencional empotrado.....	127
Figura 52. Fuerza axial máxima se genera en el edificio empotrado.	128
Figura 53. Fuerza cortante máxima se genera en el edificio empotrado	129
Figura 54. Fuerza cortante máxima, se genera en el edificio convencional empotrado...	130
Figura 55. Momento flector máximo se genera en el edificio convencional empotrado.	131
Figura 56. Momento flector máximo se genera en el edificio convencional empotrado.	132
Figura 57. Periodos de vibración.....	134
Figura 58. Ubicación de los disipadores mecánicos de fluencia DMF, en el edificio.....	135
Figura 59. Modo de vibración fundamental N°01 de la edificación disipada.	136
Figura 60. Modo de vibración fundamental N°01 de la edificación convencional empotrada.	136

DEDICATORIA

A mis padres, César y Victoria por su sacrificio constante en nuestra superación y que desde el cielo nos ilumina. A mi esposa Juanita y a mis hijos Alicia Jimena y César Arturo por su apoyo emocional.

AGRADECIMIENTO

A mi esposa e hijos, por su comprensión y estímulo permanente a lo largo de mis estudios, que motivaron mi perseverancia y fortalecieron mi voluntad.

Al Dr. Carlos Chavarry Vallejos, por su aporte significativo en la asesoría de esta tesis, y su enseñanza significativa y vital en las aulas universitarias que me impulsaron para culminar con este proyecto.

Al Dr. Daniel Valencia, quien nos brindó su valiosa enseñanza y nos incentivó constantemente a que este trabajo de investigación se haga realidad.

Y a todas las personas que en una u otra forma contribuyeron en la realización de este trabajo.

RESUMEN

Los eventos sísmicos son un peligro global que cobra miles de víctimas, es por esta razón la importancia de estudiar las edificaciones que incorporen disipadores de energía, toda vez que la ciudad de Huaraz se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico y la probabilidad de ocurrencia de un sismo severo como el ocurrido en el año 1970 es alta, los disipadores sísmicos son actualmente una alternativa técnica válida, y es un tema de actualidad.

El objetivo de la investigación es determinar los efectos de la inserción de los disipadores de energía sísmica de tipo metálico de fluencia, en el comportamiento estructural de las edificaciones sociales en ciudad de Huaraz, capital del departamento de Ancash.

Metodológicamente esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, es descriptiva porque se especifican las características del comportamiento estructural de estas edificaciones, luego de incorporar este disipador a la estructura como elemento adicional, es correlacional porque se evalúa el grado de relación que existe entre la propuesta de un disipador metálico de fluencia y el comportamiento estructural de la edificación, es explicativa, ya que es posible responder las causas del fenómeno físico, y por qué se relacionan las variables.

Se realizó el análisis de un edificio para vivienda social de 3 a 5 pisos para los dos sistemas estructurales, es decir, con una estructura convencional y la otra con disipadores sísmicos histeréticos tipo metálico de fluencia para los que, se analizaron los desplazamientos máximos, las aceleraciones y esfuerzos en zonas más esforzadas de la estructura.

El análisis se llevó a cabo utilizando como soporte informático el programa ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems o Análisis Tridimensional

Extendido de Edificaciones) y el cálculo de la respuesta sísmica se realizó con el método de respuesta espectral haciendo uso de registros sísmicos y envolventes de espectros.

Se determinó la capacidad de disipación de energía de los sistemas dinámicos estudiados, dando énfasis a la respuesta modal del edificio con disipadores instalados.

Palabras claves: Disipador de energía, comportamiento estructural, estructura sismorresistente, edificación social, riesgo sísmico, histéresis.

ABSTRACT

Seismic events are a global danger that claims thousands of victims, it is for this reason the importance of studying the buildings that incorporate energy dissipaters, since the city of Huaraz is in an area of high seismic risk and the probability of occurrence of a severe earthquake as occurred in 1970 is high, the seismic dissipaters are currently a valid technical alternative, and is a current issue.

The objective of the research is to determine the effects of the insertion of metallic fluence type seismic energy dissipaters on the structural behavior of social buildings in the city of Huaraz, capital of the department of Ancash.

Methodologically this investigation has a quantitative approach, it is descriptive because the characteristics of the structural behavior of these buildings are specified, after incorporating this dissipater to the structure as an additional element, it is correlational because it evaluates the degree of relation that exists between the proposal of a metallic dissipater of fluence and the structural behavior of the building, it is explanatory, since it is possible to respond the causes of the physical phenomenon, and why the variables are related.

An analysis was made of a social housing building of 3 to 5 floors for the two structural systems, that is to say, with a conventional structure and the other with hysteretic seismic dissipaters of a metallic type of fluence for which the maximum displacements, accelerations and stresses in the most stressed areas of the structure were analyzed.

The analysis was carried out using ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems) as computer support and the calculation of the seismic response was carried out using the spectral response method using seismic records and spectrum envelopes. The energy dissipation capacity of the studied dynamic systems was determined, emphasizing the modal response of the building with installed dissipaters.

Keywords: Energy dissipater, structural behavior, earthquake-resistant structure, social building, seismic risk, hysteresis.

INTRODUCCIÓN

El Perú, es uno de los países de mayor actividad sísmica en el mundo, debido al proceso de subducción de la placa oceánica (Nazca) bajo la placa continental (sudamericana). Este proceso genera una constante acumulación de energía que se libera en forma de sismos. Estos movimientos sísmicos amenazan todo tipo de edificación, y en la búsqueda de brindar mayor seguridad a las edificaciones han surgido nuevos e innovadores sistemas de disipación de energía. En el Perú, se ha introducido recientemente algunos de estos sistemas, tales como: el sistema de aislamiento sísmico y el sistema de disipadores fluido viscoso. Estos sistemas no sólo son estrategias de diseño sino también de reforzamiento de edificaciones, permitiendo aumentar el nivel de desempeño de la edificación durante un sismo. Los costos asociados con el diseño, fabricación e instalación de estos dispositivos son compensados no tanto por minimizar la rigidez de la edificación sino porque se logran mejores desempeños; de esta manera se compensa la inversión.

Las construcciones en zonas sísmicas como la ciudad de Huaraz se incrementan a diario, en consecuencia, la seguridad estructural tiene un valor importante en nuestro desarrollo, por ende la ingeniería nacional debe mostrar todas sus habilidades con tecnologías que mejoren considerablemente la calidad, seguridad y el comportamiento de las estructuras en situaciones extremas, con este trabajo queremos propiciar la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías en la construcción de viviendas sociales, con disipadores sísmicos y que los futuros edificios de la zona tengan una respuesta adecuada ante los eventos sísmicos.

Esta investigación tiene como objetivo general, determinar los efectos de la inserción de los disipadores metálicos de fluencia de energía sísmica en el comportamiento estructural de edificaciones sociales, y dentro de estos los específicos que pretenden determinar los efectos de la inserción de los disipadores metálicos de energía sísmica, para: atenuar las fuerzas actuantes en el marco estructural de la edificación social y controlar los daños inevitables luego del evento sísmico; en el desempeño sísmico de las de las edificaciones sociales, para atenuar los momentos actuantes en el marco estructural; absorber parte de la energía sísmica, para atenuar los esfuerzos resultantes en el marco estructural, evitando el colapso de la edificación social y para incrementar la protección de respuesta sísmica en las edificaciones sociales, reduciendo los desplazamientos del marco estructural.

El presente trabajo, representa un aporte importante en la actualización de los métodos de cálculo de edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía, con lo que se pretende:

Innovar el sector construcción implementando estos sistemas y adaptarlos a nuestra realidad, proponer la inclusión en la norma peruana de edificaciones las indicaciones para el diseño de sistemas modernos de protección sísmica, propiciar el uso de los métodos de cálculo de edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía.

En consecuencia y en mérito a lo enunciado, el trabajo de investigación se ha estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo I: Planteamiento del problema, se describe la realidad problema, para formular la pregunta de investigación.

En el capítulo II: Fundamentos teóricos de la investigación, se describen las variables que sirven de sustento teórico a la investigación.

En el capítulo III: Metodología empleada, se describe el tipo y diseño de investigación, se selecciona la población y muestra, se describe las técnicas de recolección de datos.

En el capítulo IV: Presentación, análisis e interpretación de resultados, se expone a manera de tablas y gráficos los resultados de la aplicación de los instrumentos de investigación, se realiza el análisis e interpretación por variables.

En el capítulo V: Se realiza la discusión de los resultados y la contratación de la hipótesis a través de cuadros comparativos.

Finalmente se realiza las conclusiones y recomendaciones lo cual constituye el aporte de este trabajo de investigación, se muestran las referencias usadas y los anexos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

El Perú es calificado un territorio enormemente sísmico; y Huaraz la capital de la Región de Ancash está comprendida como zona de más alta actividad sísmica; sin embargo después de ocurrido la catástrofe del año 1970 hasta ahora año 2018, persiste un silencio sísmico muy peligroso, lo que significa que hay una excesiva acumulación de energía la que aún no es liberada, y que es señal de la ocurrencia de sismos intensos, que al producirse dañaría las construcciones en general y dentro de ellas las edificaciones trayendo consigo la pérdida de vidas humanas y materiales.

En Huaraz considerada zona altamente sísmica las construcciones se están incrementando notablemente y casi a diario se construyen edificaciones sin una buena planificación, y sin considerar las normas antisísmicas en construcción. Vulnerando la seguridad estructural y poniendo en riesgo a las personas, y ocasionando cuantiosas pérdidas económicas. En ese sentido, consideramos fundamental dar aportes y contribuir a solucionar este problema, mediante alternativas metodológicas de cálculo sísmico de edificaciones con dispositivos de disipación de energía sísmica para dar mayor seguridad a las edificaciones y evitar su colapso.

Sismos intensos como los ocurridos en Ica, Pisco en el Perú y en países como Japón, México, Chile, Indonesia. Es impredecible pero evidentemente ocurrirá y es inminente ante esto requerimos estar preparados.

En caso de perpetrarse sismos de gran intensidad en nuestra ciudad de Huaraz, produciría grandes pérdidas de vidas humanas, cuantiosas pérdidas económicas, así como materiales, tal como ocurrió en el año 1970, por esta razón es imprescindible proteger estructuralmente las edificaciones mediante métodos alternativos.

Avances para controlar el daño en las edificaciones sociales y mejoras del desempeño en la respuesta sísmica han sido desarrollados, y otras se van a plasmar a corto plazo, las mismas que debemos adecuarlos al diseño de edificaciones de nuestra zona, cumpliendo las normas y reglamentos nacionales existentes.

Las edificaciones a analizar se ubican en la ciudad Huaraz, capital de la Región Ancash (edificación idealizada- edificación social- 3 a 5 pisos). Teniendo consideración que Huaraz cuenta con dos distritos, Independencia y Restauración.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera los efectos de la inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, influye en el comportamiento estructural de edificaciones sociales en la ciudad de Huaraz?

1.2.2. Problemas específicos

a). - ¿De qué manera los efectos de la inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, logran controlar los daños inevitables luego del evento sísmico, atenuando las fuerzas actuantes en el marco estructural de la edificación social?

b). - ¿De qué manera los efectos de la inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, logran mejorar el desempeño sísmico de las estructuras de las edificaciones sociales, atenuando los momentos en el marco estructural?

c). ¿De qué manera los efectos de la inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, absorben parte de la energía sísmica y evitan el colapso de la edificación social, atenuando los esfuerzos en el marco estructural?

d). ¿De qué manera los efectos de la inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, incrementan la protección de respuesta sísmica en las edificaciones sociales, reduciendo los desplazamientos del marco estructural?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

La construcción de edificios en la ciudad de Huaraz se incrementa a diario, consecuentemente la seguridad estructural es muy importante en nuestro desarrollo, por ello resulta fundamental plantear soluciones a este problema, de actualidad, siendo una

alternativa viable profundizar estudios de investigación de edificaciones sociales con dispositivos tipo fusibles sísmicos.

Las construcciones modernas incorporan mecanismos denominados aisladores y difusores sísmicos, que evitan que el movimiento de la tierra sea transmitido totalmente al edificio absorbiendo parte de esta energía.

La ingeniería nacional debe mostrar todas sus habilidades con tecnologías que mejoran considerablemente la calidad, seguridad y el desenvolvimiento de las estructuras en situaciones extremas.

Mediante esta propuesta queremos propiciar la innovación y el avance de nuevas tecnologías en la construcción de viviendas sociales, con disipadores sísmicos metálicos histeréticos, el cual es inédito en el Perú. Y que los futuros edificios, tengan una respuesta adecuada ante futuros sismos.

Esta tesis trata sobre los disipadores de energía metálicos de fluencia DMF basado en la tecnología del amortiguamiento adicional, contribuyendo de esta manera en el desarrollo de esta tecnología que servirá como fuente de información para futuros trabajos de investigación.

1.4. Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo del proyecto de tesis hemos visto la existencia de limitaciones, como por ejemplo en nuestra zona de estudio ubicado en el departamento de Ancash-Huaraz-

Independencia, no existen laboratorios adecuados para realizar pruebas antisísmicas o mesas sísmicas a pesar de que contamos con varias Universidades que brindan la carrera de Ingeniería Civil, para realizar pruebas con más rigurosidad, y lograr datos con mayor precisión, sin embargo contamos con softwares disponibles cuya información es confiable siempre y cuando sea adquirido de fábrica y con licencia a pesar que resulta costoso.

En cuanto a la información de fuentes confiables referente a dispositivos disipadores de energía sísmica, metálicos hysteréticos es escasa, sin embargo, dependiendo de la configuración de los elementos disipadores sean barras, placas, amortiguadores se puede diseñar, prefabricar realizar pruebas estáticas, quedando pendiente las pruebas simulando movimientos sísmicos en los laboratorios para pruebas antisísmicas.

A pesar de que este dispositivo resulta económico y se puede fabricar en serie para usarlo en edificaciones sociales como prueba, hay desconfianza en cuanto a su implementación debido a la escasa capacitación de la población en cuando al peligro existente ante un evento sísmico de gran magnitud y al comportamiento durante el desarrollo de estos eventos naturales impredecibles.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar los efectos de la inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia en el comportamiento estructural de edificaciones sociales.

1.5.2. Objetivos específicos

Objetivo específico 1

Determinar los efectos de la inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, para atenuar las fuerzas actuantes en el marco estructural de la edificación social y controlar los daños inevitables luego del evento sísmico.

Objetivo específico 2

Determinar los efectos de la inserción de disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, en el desempeño sísmico de las edificaciones sociales, para atenuar los momentos actuantes en el marco estructural.

Objetivo específico 3

Determinar los efectos de la inserción de disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, que absorbe parte de la energía sísmica, para atenuar los esfuerzos resultantes en el marco estructural, evitando el colapso de la edificación social.

Objetivo específico 4

Determinar los efectos de la inserción de disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, para incrementar la protección de respuesta sísmica en las edificaciones sociales, reduciendo los desplazamientos del marco estructural.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.

En Huaraz – Ancash, no existe estudios sobre **“Efectos del disipador sísmico metálico de fluencia en estructuras de edificaciones sociales en la ciudad de Huaraz”**, sin embargo, para nuestro análisis tomamos como base estudios anteriores realizados en nuestra patria como en el extranjero.

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Mayorga C. (2011). En su tesis **“Caracterización mecánica y modelamiento estructural de un disipador pasivo de energía de tipo arriostramiento de pandeo restringido”**. Los disipadores tipo barras de pandeo restringido, son favorables para nuestras construcciones ya que permiten su fabricación sin tener que invertir en elementos de gran tecnología con unos resultados satisfactorios.

Según Grajales, E. (2003). En su tesis **“Comportamiento dinámico de los edificios provistos con dispositivos de energía”**. Trata de la influencia que los dispositivos disipadores de energía de tipo ADAS, tienen en el comportamiento estructural de las edificaciones, cuando son sometidos a fuerzas sísmicas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Bozzo I. (2002). En su texto “Análisis y diseño de estructuras equipadas con disipadores de energía SL”. Es una técnica recientemente desarrollada para diseñar edificios sismorresistentes, consiste en el empleo de difusores de energía o “fusibles sísmicos”. Con esta técnica se busca localizar las zonas de disipación de energía para controlar las fuerzas sísmicas y evitar el colapso estructural.

Según Oviedo, R. (2007). En su texto, “Mejoramiento del comportamiento estructural de colegios utilizando disipadores de energía”, propone un mejoramiento del comportamiento de una estructura aperturada de concreto armado, la cual es flexible en su dirección “Y” en todos los niveles y rígida en el sentido transversal “X”, la opción considerada para el mejoramiento incluye el uso de difusores o disipadores en todos los niveles del edificio en la dirección longitudinal “Y”, básicamente debido a su excesiva flexibilidad. El uso de difusores de energía reduce los momentos y las distorsiones en el eje “Y”, en todos los niveles de la estructura, la incorporación de disipadores de energía demostró sus ventajas en el mejoramiento del comportamiento sísmico.

Según Villarreal Castro Genner. Edificaciones con disipadores de energía- premio nacional ANR 2006, 2007, 2008. En este trabajo de investigación se realiza el análisis dinámico no-lineal de un edificio de concreto armado de 3 pisos, utilizado el programa SAP2000V.10.0.1. Luego de realizar el análisis dinámico lineal del edificio, el diseño de los disipadores fue hecho para obtener un amortiguamiento efectivo acorde con las distorsiones consideradas por la Norma Peruana de Diseño Sismo resistente E030-2006. Después se realizó el análisis lineal del edificio con los difusores no-lineales para obtener la

respuesta con el amortiguamiento adicional logrando reducir las fuerzas actuantes en el edificio; los desplazamientos, los momentos, así como las velocidades y aceleraciones de los entrepisos.

Reglamento Nacional De Edificaciones. (2006). Avances para mejorar el desempeño en la respuesta sísmica y el control de daño en los edificios, han sido desarrolladas, y otras están por venir. Uno de estos avances corresponde a los dispositivos suplementarios de disipación de energía. En los últimos años, se ha desarrollado el concepto de disipación de energía o amortiguamiento suplementario dentro de una tecnología trabajable, estos dispositivos han sido instalados y probados en múltiples estructuras logrando buenos resultados.

El Perú es altamente sísmico y según la clasificación mundial le corresponde 9 grados en la escala Mercalli modificada. Más de la mitad de peruanos viven en zonas de riesgo sísmico y están expuestos a la ocurrencia de estos eventos. Cabe anotar, que, las investigaciones sísmicas, aún están lejos de poder resolver el peligro sísmico, el cual se incrementa y al que estamos expuestos cotidianamente. La construcción de edificaciones en zonas sísmicas está creciendo notablemente en nuestro país, por ende, es importante tener en cuenta que la seguridad estructural es fundamental en la ejecución de construcciones. La reducción de los costos, y la seguridad de las obras en zonas sísmicas es el problema fundamental de la construcción en nuestra patria y nuestra zona de estudio, Huaraz, no es ajeno a esta realidad.

Para dar solución a esta problemática, una forma de amenguar los daños de los eventos sísmicos es utilizar una técnica innovadora denominada disipación de energía

sísmica mediante el uso de los difusores metálicos de fluencia (DMF), cuya acción se refleja en los períodos, frecuencias y formas de vibración libre de las estructuras, que influyen en la magnitud de las fuerzas sísmicas disipando la energía disminuyendo notablemente la deformación lateral y evitando el colapso anticipado de la edificación.

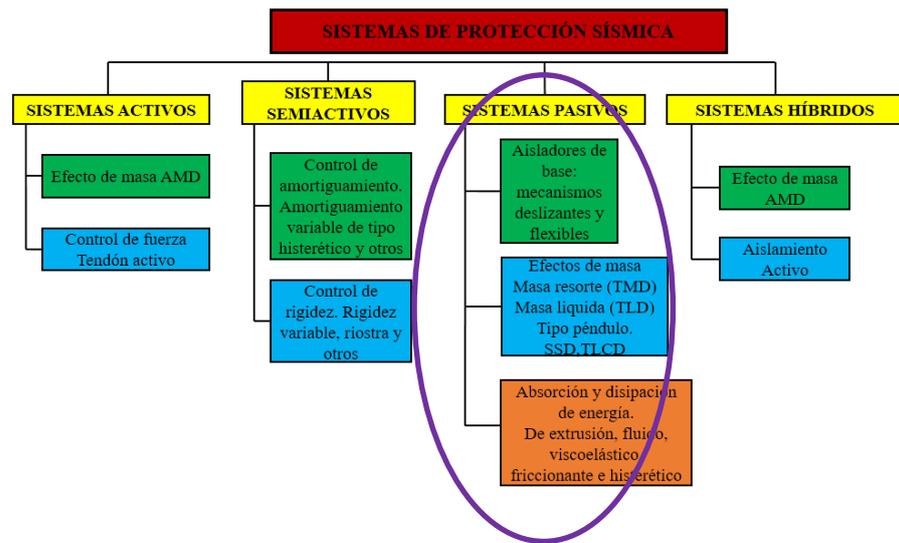
En general, este problema se ha investigado en forma insuficiente y, por ende, es un campo abierto para futuras investigaciones.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Clasificación de los sistemas de protección sísmica

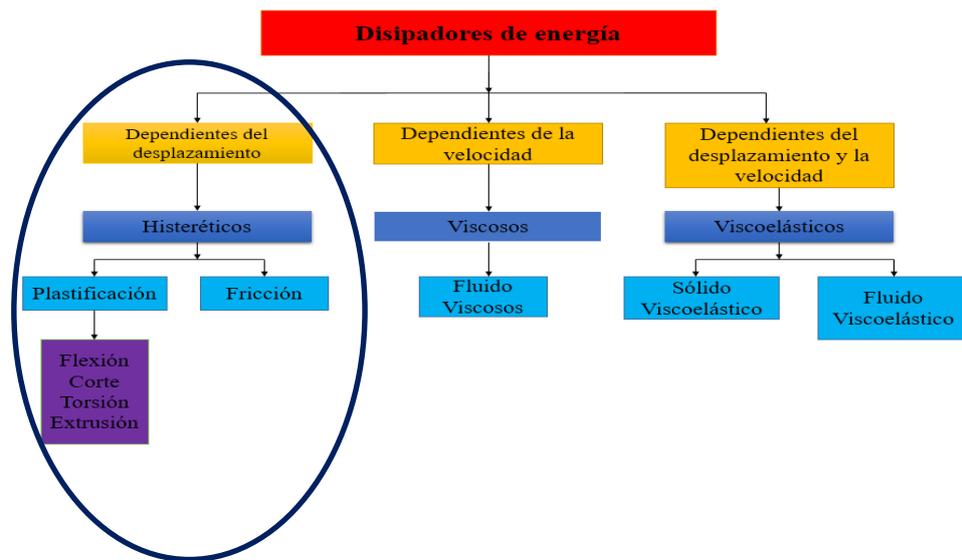
Villarreal, G. (2016), los diferentes tipos de sistemas de control estructural de respuesta sísmica se diferencian entre ellos, principalmente por la forma en que disipan la energía de las cargas dinámicas, evitando comprometer a la estructura. En base a esto, la ISO 3010-2001. Basis for design of structures, - Seismic actions on structures, los clasifica en sistemas de control activo, control semiactivo, control pasivo e híbrido.

En la fig. 1, vemos un resumen de los diferentes tipos de sistemas de control estructural, y en la fig. 2, los tipos de disipadores de energía sísmica.



Fuente: Realización propia.

Figura 1. Clasificación de los sistemas de control estructural.



Fuente: Realización propia

Figura 2. Clasificación de los disipadores de energía sísmica.

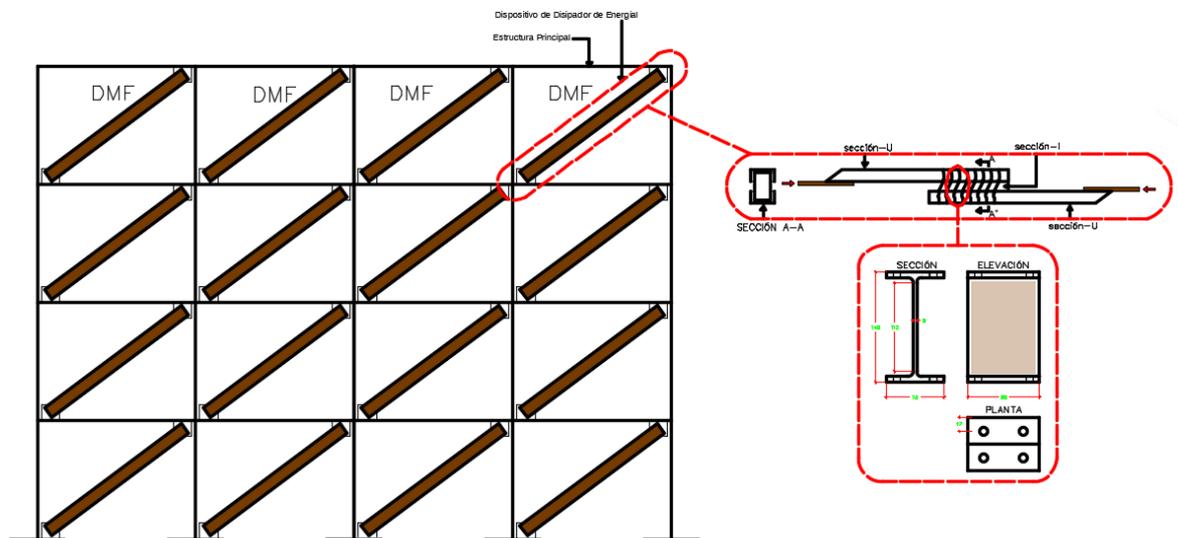
2.2.2. Sistemas de control pasivos

Popov, E. y Grigorian, C. (1994), estos sistemas están provistos de dispositivos de disipación de energía que absorben buena parte de la energía producida por un sismo sobre la estructura, disminuyendo así los daños. Son más accesibles y su implementación es mucho más sencilla y se pueden utilizar generalmente en cualquier tipo de estructura.

Este trabajo se centra sobre este tipo de disipadores, con especial interés en el disipador histerético metálico de fluencia DMF.

Morillas, L. (2014). Estos sistemas de control pasivo absorben la energía de la excitación sísmica, incrementan el amortiguamiento de la estructura y modifican sus frecuencias naturales de vibración, alejándolas de las frecuencias presentes en la excitación, resistiendo las fuerzas laterales y disipando la energía vibratoria del sistema estructural.

Guevara, H. (2012). Los sistemas de disipación pasiva de energía usan materiales y dispositivos que en general aumentan el amortiguamiento, la rigidez y la capacidad estructural, y pueden ser usados tanto en el diseño de estructuras nuevas como en la rehabilitación sísmica de estructuras existentes. Por lo general, estos sistemas se colocan conectando diferentes nudos viga-columna entre los cuales se esperan desplazamientos horizontales relativos importantes tal como se muestra en la fig. 3.



Fuente: Realización propia.

Figura 3. Configuración básica de una estructura con sistemas de control pasivo.

La principal característica de estos sistemas es su capacidad de aumentar la disipación de energía en la estructura mediante la conversión de energía cinética a calor o por la

plastificación de metales.

La fuerza que desarrollan los disipadores independientes de la velocidad, no depende de la tasa de cambio de desplazamiento en el disipador, sino de la magnitud y dirección del desplazamiento, y se caracterizan por un comportamiento de histéresis no lineal. Entre estos disipadores se encuentran los disipadores metálicos y los de fricción. Los primeros tienen una histéresis asociada con el comportamiento del acero dulce y los segundos tienen un comportamiento bilineal caracterizada por una elevada rigidez inicial.

2.2.3. Disipadores metálicos

En este trabajo de tesis nos centramos en este tipo de disipadores, por lo tanto, vamos a dar énfasis en esta parte al referirnos a estos disipadores.

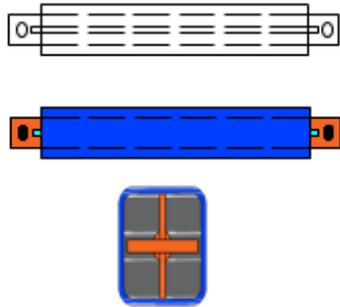
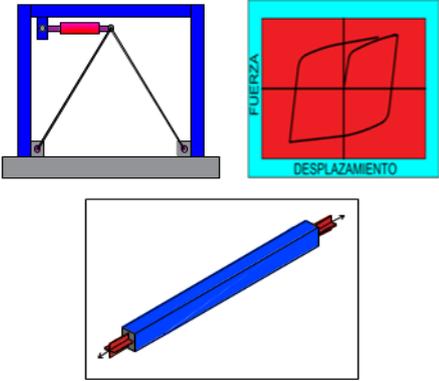
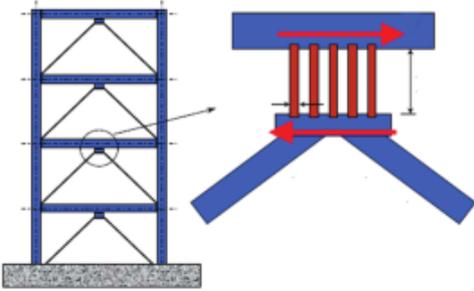
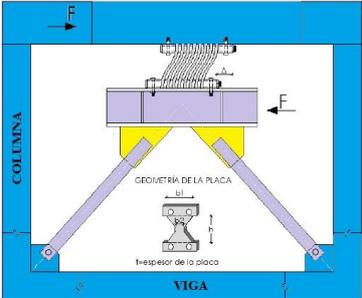
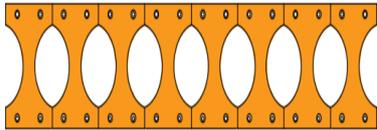
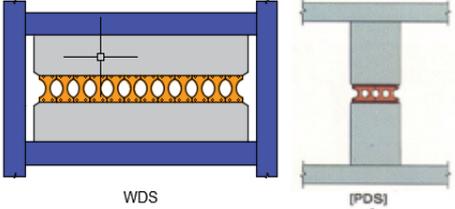
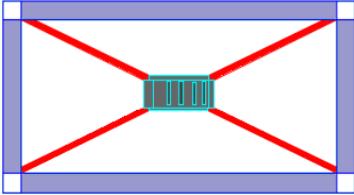
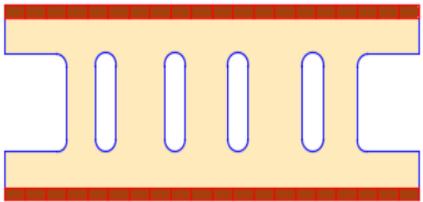
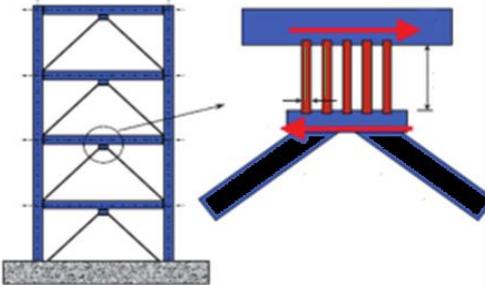
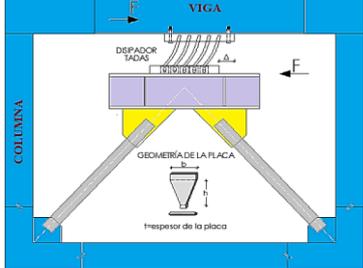
Mayorga, C. (2011). Este tipo de dispositivos, disipan la energía sísmica en forma de energía térmica y mediante la deformación plástica de metales. Muchos de estos dispositivos usan placas de acero de bajo límite elástico, así como el plomo. Las primeras aplicaciones de dispositivos en estructuras civiles se hicieron en Nueva Zelanda a finales de los 70s. Desde esa fecha se han instalado amortiguadores metálicos de fluencia en numerosas estructuras.

El comportamiento histerético estable, la fiabilidad a largo plazo y la insensibilidad a la temperatura ambiental, hacen de este tipo de disipadores una buena alternativa para el control estructural. Sin embargo, su comportamiento no lineal y la necesidad de reemplazarlo después de una carga sísmica, son sus principales

desventajas.

En la tabla 1, mostramos gráficamente los diferentes tipos de disipadores metálicos existentes.

Tabla 1. Tipo de disipadores metálicos, esquema e instalación

Tipo de disipador	Esquema	Instalación
BRB Barra de pandeo restringido		
ADAS Added Damping and Stiffness System		
HDS Honeycomb Damper System		
SSD Steel Slit Damper		
TADAS Triangular Shaped ADAS		

Fuente: Realización propia en base a (1)

Dentro de estos dispositivos de control pasivo de la respuesta sísmica de estructuras, de tipo metálico se encuentra el disipador de plastificación metálico de fluencia DMF.

2.2.3.1. Disipadores metálicos de plastificación-fluencia DMF

Este dispositivo DMF se enmarca dentro de los sistemas de control pasivo de las estructuras sismo resistentes.

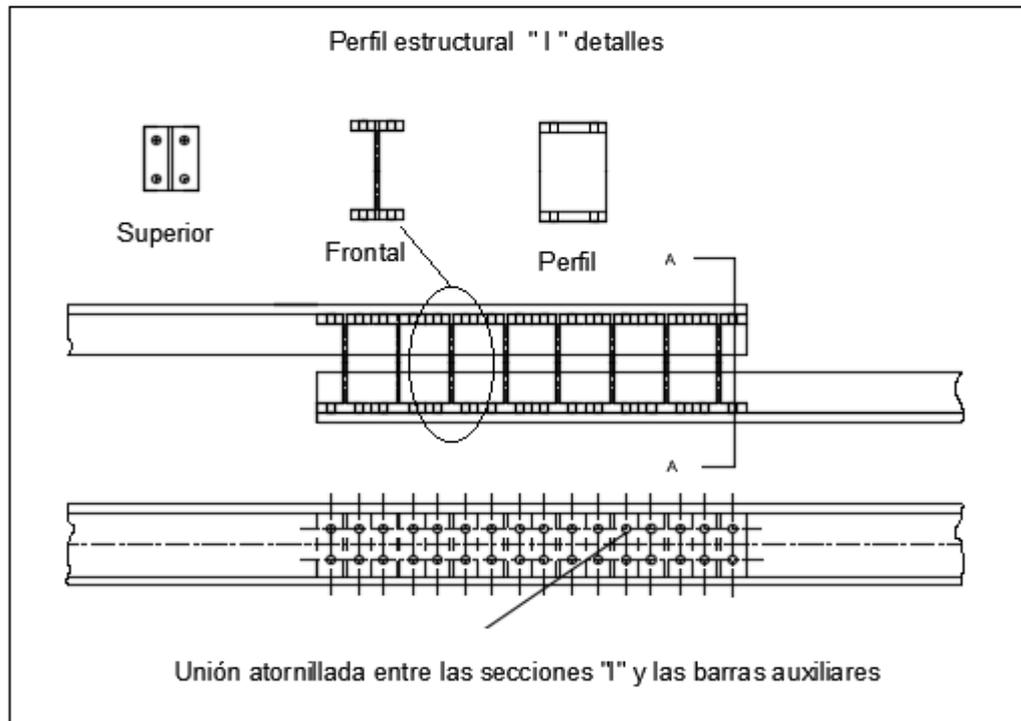
Parte de la energía sísmica que no absorbe el mecanismo natural de amortiguamiento, debe ser disipada de manera estable mediante deformaciones plásticas en los elementos resistentes primarios de la edificación (vigas y columnas) debido a que generan daños en la estructura primaria y que pueden llegar a la demolición, aparte de que las reparaciones resultan costosas.

Los sistemas pasivos resultan ser soluciones innovadoras y se basan en la instalación de mecanismos disipadores de energía en la estructura primaria de la construcción. Logrando concentrar los daños en los propios disipadores y proteger a los elementos resistentes primarios.

El uso de estos dispositivos se ha extendido en países de alta sismicidad, y se pueden emplear en construcciones nuevas, y reacondicionando las construcciones existentes. Dentro de estos disipadores tenemos los histeréticos, viscosos o viscoelásticos. En esta tesis nos vamos a centrar en los disipadores histeréticos específicamente en los dispositivos metálicos histeréticos de fluencia (DMF).

Descripción del dispositivo a usar. - El dispositivo usado de tipo histerético consta de 2 partes que son:

1.- Los elementos disipadores de energía: Disipador metálico de fluencia **DMF**, de piezas de acero sección I, deforman inelásticamente bajo carga fig. (3)



Fuente: Realizado propia en base al plano dwg.

Figura 4. Elementos disipadores de energía DMF.

2.-Estructura secundaria auxiliar: La que conecta al DMF con la estructura primaria de la construcción fig. (5)

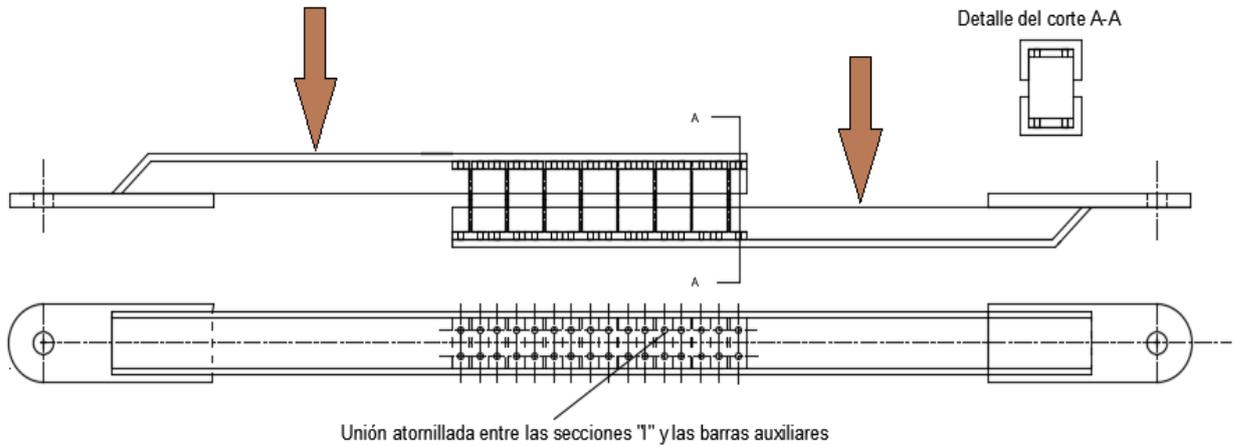


Figura 5. Componentes de la estructura secundaria auxiliar.

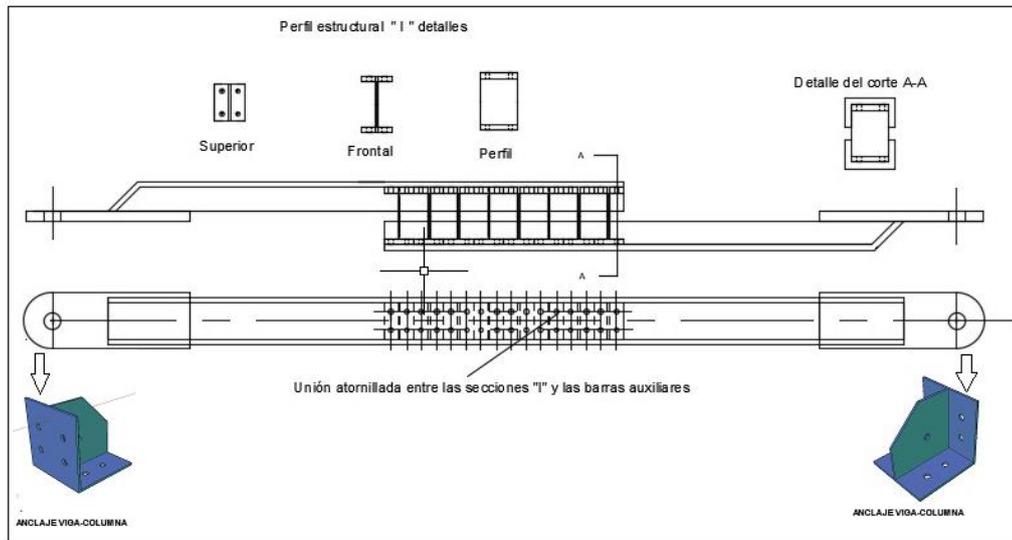
Fuente: Realización propia en base al plano dwg.

Este dissipador DMF, es para una edificación constituida con una estructura primaria, es decir el conjunto de vigas, columnas y losas las que forman parte de la estructura de la construcción. Este dispositivo usa una estructura secundaria auxiliar sencilla de poco peso, se instala como una barra inclinada convencional en diagonal, ocupa poco espacio y se puede incorporar de forma flexible en el diseño de la construcción, los elementos dissipadores propiamente dichos son pequeñas piezas y quedan visibles, que se pueden desmontar e inspeccionar y se pueden reemplazar sin modificar la estructura secundaria auxiliar. El material usado para elaborar estos dissipadores son trozos de perfiles estructurales cuya sección transversal puede ser en I o en H de pequeñas dimensiones, no requieren tratamiento previo, y pueden ser mecanizados para unirlos a la estructura secundaria auxiliar constituida por elementos que tienen su sección en U. El dissipador de energía DMF, está constituido por un perfil metálico de sección transversal en I, se caracteriza porque el espesor de sus alas es siempre mayor que el alma, lo que permite mantener las alas dentro del régimen

elástico aun cuando las tensiones en el alma rebasen el límite elástico por endurecimiento tras su plastificación y porque existe una curva entre el alma y las alas que evita que se produzcan concentración de esfuerzos que conduzcan a roturas prematuras del alma del perfil, antes de que el material haya agotado toda su capacidad intrínseca de deformación plástica.

Los elementos dispersores energéticos se montan sobre la estructura secundaria auxiliar y resulta que cuando estos últimos intentan desplazarse unos respecto a otros, axialmente el alma de los dispersores energéticos se deforma a flexión en un plano perpendicular al alma, esta perpendicularidad permite que cuando el dispersor sísmico energético reciba una carga derivada del movimiento sísmico, los elementos dispersores plastifiquen y disipen energía fig. (6), evitando la destrucción de la edificación.

De tal manera la energía sísmica introducida por el terremoto es absorbida por los disipadores de energía y no por la estructura resistente primaria de la construcción. Ya que después del evento sísmico los disipadores de energía pueden ser inspeccionados y sustituidos, sin necesidad de cambiar los elementos auxiliares de la estructura auxiliar. El control de la energía disipada se ejerce modificando el número, la geometría y la disposición de los elementos disipadores de energía, finalmente el DMF cuenta con elementos metálicos que conectan sus extremos de la estructura secundaria auxiliar con la estructura resistente primaria de la construcción.



Fuente: Realización propia en base al plano en dwg.

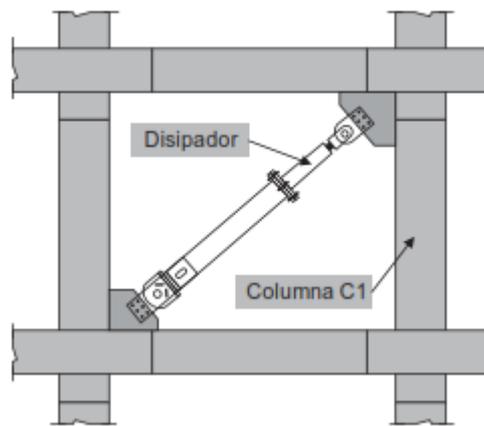
Figura 6. Montaje del disipador metálico de fluencia en la estructura auxiliar.

El disipador DMF, descrito permite plastificar el alma de los elementos difusores de energía, cuando los elementos que forman la estructura secundaria auxiliar son sometidos a cargas axiales en la dirección de su directriz, es de fácil instalación en una construcción nueva o reacondicionada como una simple barra inclinada convencional en diagonal, y es capaz de disipar energía en forma estable y sin pandear. Este disipador DMF se caracteriza porque las dimensiones en la dirección del eje de la barra son mucho mayores que las dimensiones de la sección transversal, los extremos se fijan a la estructura entre viga y columna, los perfiles en I que son los disipadores se someten a momentos flectores que representados como vectores están contenidos en el plano de la sección transversal del perfil, cuando estas barras se emplean en estructuras sismorresistentes y en zonas de rotulas plásticas, se usa como fuente de disipación de energía. La fuente de disipación de energía es la plastificación del alma del disipador mas no las alas de los perfiles disipadores.

2.2.3.2. Disipadores metálicos de energía DMF en edificaciones

La disipación de energía se logra mediante la introducción de mecanismos especiales en una estructura, con la finalidad de reducir las deformaciones y esfuerzos sobre ella. Estos mecanismos, reducen la demanda de deformación y esfuerzos generados por el sismo mediante el incremento del amortiguamiento estructural hasta en un 50%.

La tarea básica de los mecanismos pasivos de disipación de energía cuando son insertados a la superestructura de un edificio, es la de absorber una parte de la energía de entrada, y reducir la demanda de disipación de energía en los miembros primarios estructurales (pórticos) y disminuir el probable daño estructural fig. (7).



Fuente: Realizado en base a (31)

Figura 7. Disipador de energía metálico de fluencia, en el pórtico de análisis.

Gómez, C, E Rosenblueth y J M Jara (1993), los difusores de energía es una consecuencia del diseño sísmico moderno, donde los puntos débiles se refuerzan con dispositivos mecánicos diseñados para disipar energía en manera estable. En el caso de terremotos donde los dispositivos sean averiados, pueden ser reemplazados sin obstaculizar

el uso del edificio.

Actualmente existen una gran cantidad de sistemas de disipación que han sido propuestos, siendo los más relevantes los que se indican:

- Sistemas de plastificación de metales, acero, aluminio, plomo: ADAS (Added Damping and Stiffness), TADAS (Tri-ADAS), Honeycomb Damper, Steel Slit Damper, Bell Damper, Shear Link, Aluminium Shear Link, donde se utilizan usualmente metales de bajo punto de fluencia y gran capacidad de disipación.

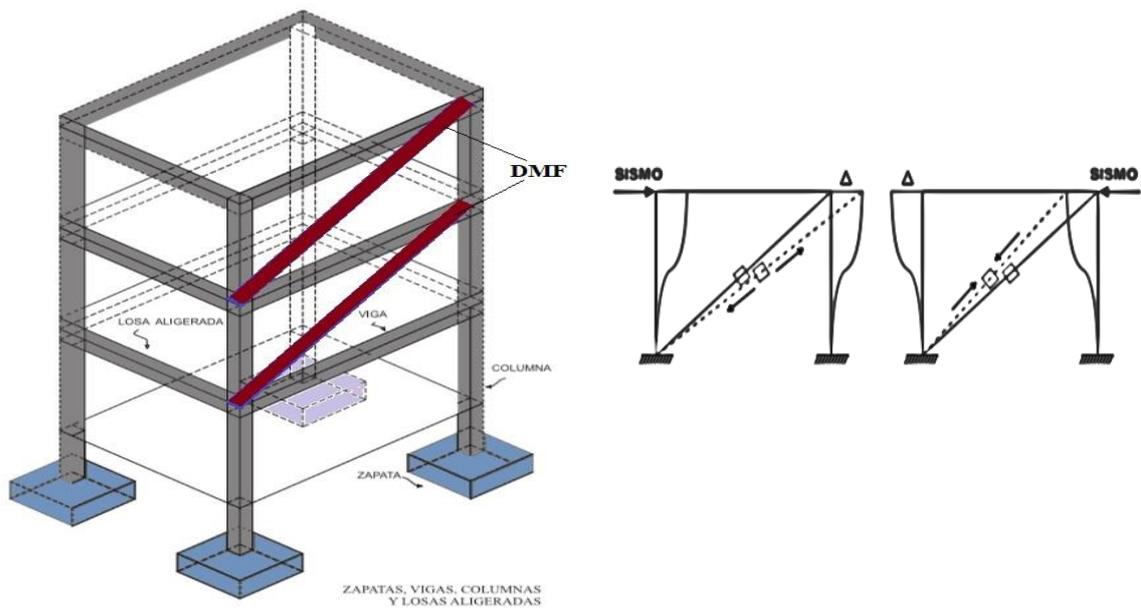
- Basados en fricción: Pall damper, Oiles damper, Brace Damper entre otros.

- Basados en aleaciones con memoria de forma, o superelasticidad (Ni, Ti, Cu-Zn-Al, Cu-Al, Ni).

- Basados en materiales visco-elásticos, disipadores y paredes disipadoras.

(Cardona, Storti, y Zuppa, 2008), los sistemas de disipación metálicos utilizan el comportamiento histerético de los metales cuando son deformados en un rango post elástico

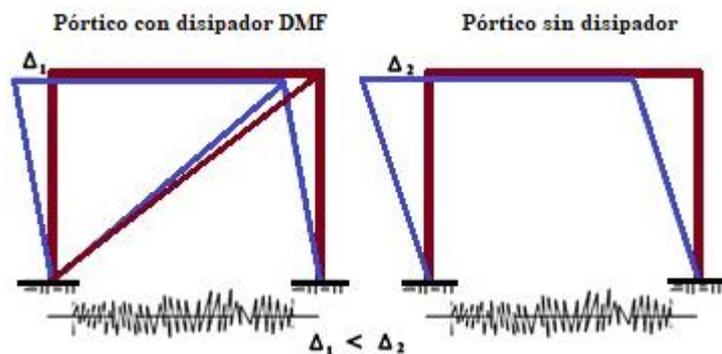
A continuación, mostramos diagramas de instalación en pórtico de estos elementos de seguridad donde se aprecia los desplazamientos que ocurren debido a la acción de la onda sísmica del mismo modo apreciamos los desplazamientos laterales de la estructura sin disipadores fig. (8 y 9).



Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica

Figura 8. Desplazamientos en el disipador metálico de fluencia (DMF)

(Barbat y Miquel Canet 1994), las masas se concentran en puntos predefinidos de la estructura y simulan el efecto de las fuerzas de inercia reales que se producen en la estructura durante su vibración. En consecuencia, el número de grados de libertad del modelo puede también definirse como el número total de componentes de desplazamiento según los cuales las masas concentradas vibran.



Fuente: Realización propia.

Figura 9. Detalles del desplazamiento lateral del pórtico con disipador y del pórtico sin disipador de energía.

2.2.3.3. Comportamiento estructural

Cuando la estructura de la edificación sufre la acción de un evento sísmico, esta produce una energía externa primaria que llega hasta los elementos estructurales, y es absorbido por estas durante el desarrollo del evento, y se producen daños estructurales en la edificación, ante la presencia de esta energía, se producen fuerzas de fricción o de amortiguamiento que constituye un mecanismo por el cual la energía cinética o potencial se transforma en otros tipos de energía como calor.

En el diseño sismorresistente convencional, el desempeño aceptable de una estructura ante un sismo, está basado en que el sistema resistente de fuerza lateral, sea capaz de absorber y disipar energía de una manera estable por un largo número de ciclos. La disipación de energía ocurre en las regiones de daño concentrado (rotulas plásticas) del pórtico de gravedad, el cual frecuentemente es irreparable. Estas características de diseño son aceptables por sus consideraciones económicas, por supuesto, que el colapso estructural es prevenido y que la seguridad de la vida de las personas está asegurada.

Existen situaciones en donde las características del diseño convencional no son aplicables. Cuando una estructura debe permanecer operativo después de un sismo, como es el caso de estructuras importantes (hospitales, estaciones de policía, etc.), en cuyo caso el diseño convencional es inapropiado. El desempeño estructural puede ser mejorado si una porción de la energía de entrada puede ser absorbida, no por la estructura misma, pero si por algún tipo de dispositivo suplementario. Esto se muestra claramente en la relación de la conservación de la energía:

En el mejoramiento del desempeño de la respuesta sísmica y el control de daño,

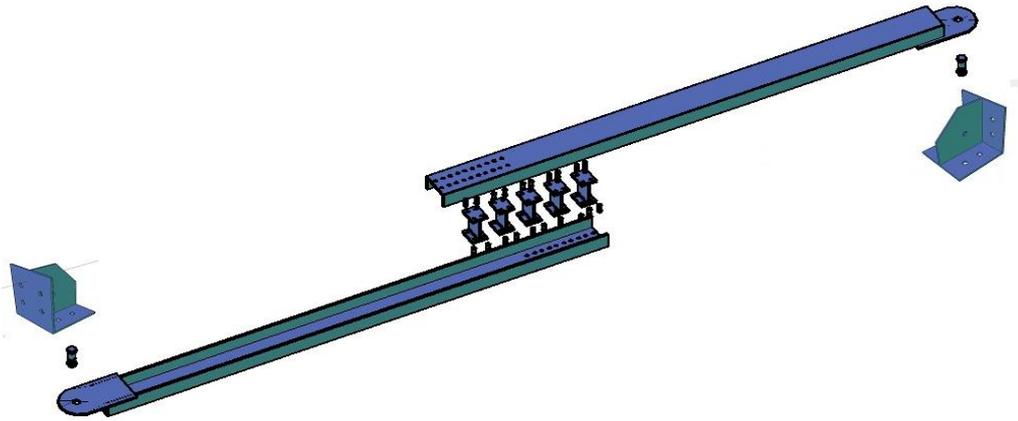
los sistemas de disipación de energía trabajan muy bien. En estos sistemas, son incorporados dispositivos mecánicos y/o metálicos en el pórtico de la estructura disipando energía en toda la estructura. En este trabajo la energía es disipada por fluencia del perfil metálico I.

La incorporación de sistemas de disipación de energía aumenta la resistencia y/o rigidez de la estructura. En general, se logra una reducción de la distorsión, una reducción del daño y un incremento en la fuerza lateral total en la estructura.

2.2.4. Bases teóricas especializadas sobre los DMF

2.2.4.1. Características del disipador metálico de plastificación-fluencia DMF

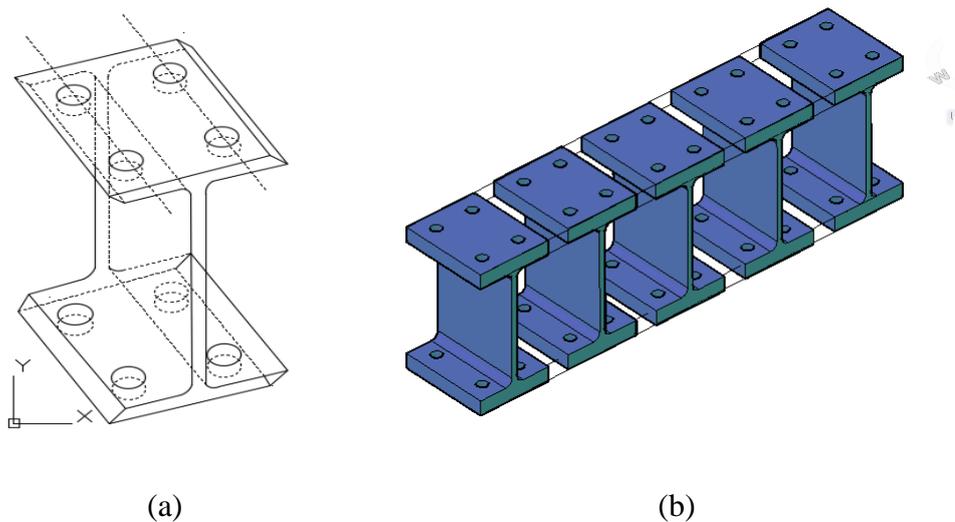
Estos son una tecnología pasiva de disipación de energía que hace uso de las propiedades histeréticas y de deformación plástica del acero. Básicamente se compone de varios segmentos cortos de perfiles estructurales doble T o perfil I o H de acero, para nuestro trabajo hemos usado los perfiles en I, los que se ensamblan con dos barras del mismo material dispuestas como se muestra en la figura 10, los segmentos cortos de perfiles I, constituyen el elemento disipador propiamente dicho, mientras que las barras de acero, normalmente secciones U, funcionan solo como elementos de sujeción auxiliares.



Fuente: Realización propia en dwg.

Figura 10. Disipador metálico de fluencia.

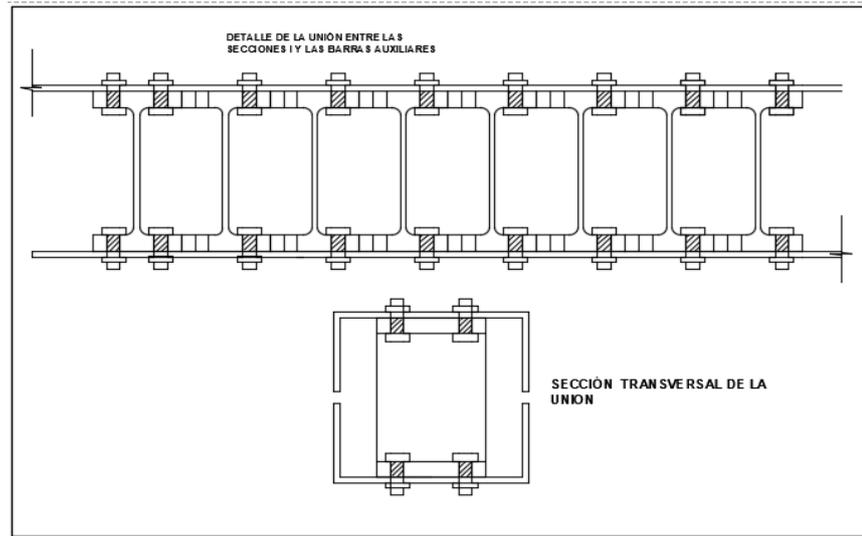
Los segmentos de acero de secciones I tienen longitud variable y se obtienen cortando un perfil I estructural, cuya sección transversal está formada por dos alas y un alma fig. 11, la fig. 11a muestra en detalle las vistas lateral, frontal y superior de un segmento I y la fig. 11b una visión general del mismo.



Fuente: Realización propia en base a elemento disipador en dwg.

Figura 11. Detalles del elemento disipador de sección I.

Los segmentos cortos de perfil I, se unen a las barras auxiliares mediante tornillos de alta resistencia que se fijan con un par de apriete fijo con torquímetro. Como elementos auxiliares se pueden usar perfiles de acero estándar en forma de U. La fig. (12) muestra en detalle esta unión.

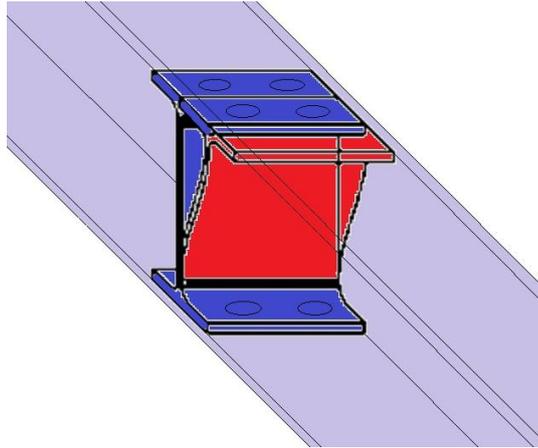


Fuente: Realización propia

Figura 12. Detalles de la unión entre las secciones I y las barras auxiliares.

2.2.4.2. Comportamiento histerético de la sección I del disipador

Benavent, C. Romo, L. y (2012), cuando el disipador MDF, se somete a deformaciones impuestas en su dirección axial, el alma de los segmentos de acero con sección I deforma a flexión tal como se observa en la fig. 13, cuando estas deformaciones llegan a hacer plastificar el metal, en ese momento se disipa energía.



Fuente: Realización propia en dwg.

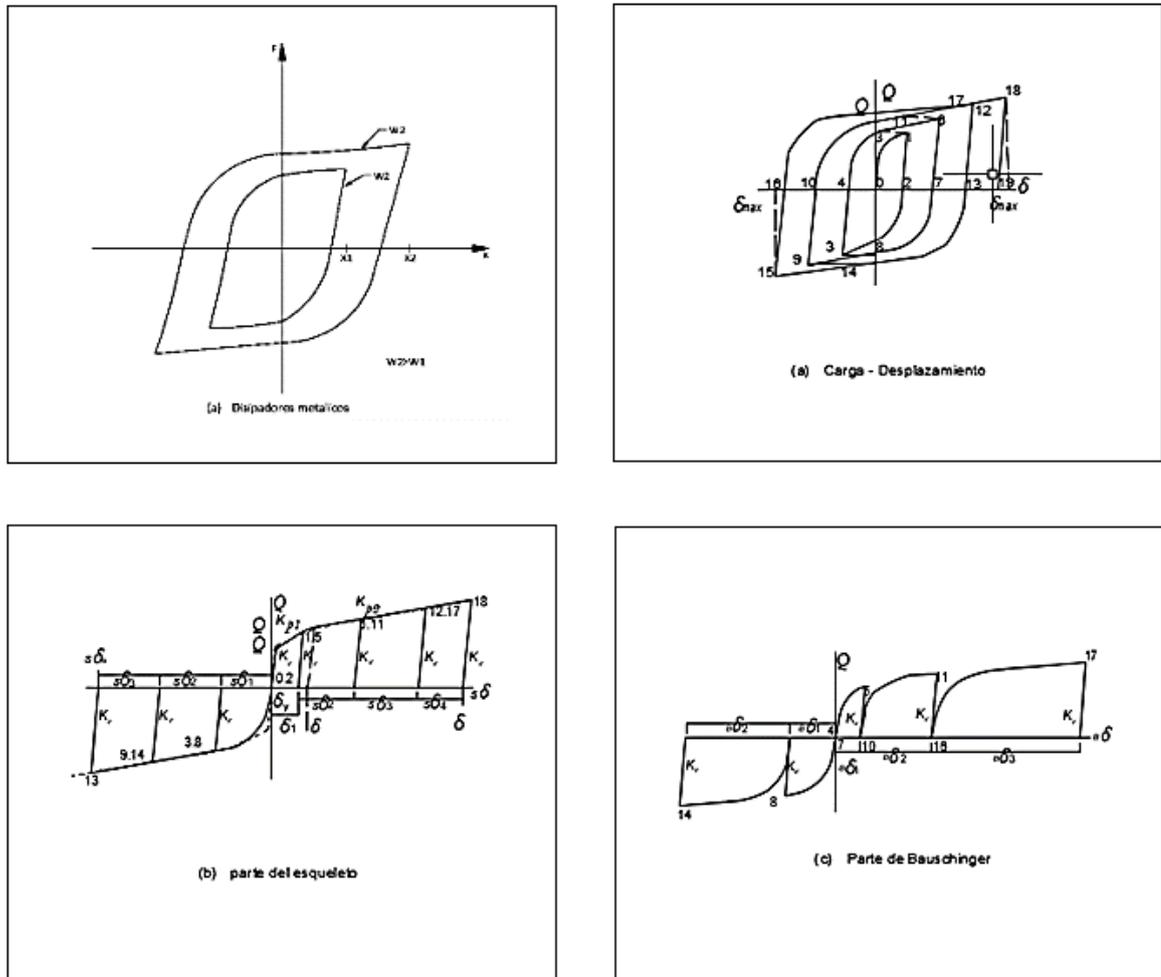
Figura 13. Deformación a flexión de la sección I del dissipador MDF.

La forma de hacer deformar plásticamente el alma de perfiles en I que emplea el dissipador MDF se beneficia de la existencia de una curva suave, entre el extremo del alma y las alas, que evita la concentración de tensiones que podrían causar una fractura prematura del elemento, antes de que el material haya agotado su capacidad inherente de deformación plástica.

Benavent-Climent, A. Morillas, L. and Vico, J. (2011), realizaron una serie de ensayos aplicando cargas cíclicas a segmentos de acero de sección en I, sometiéndolos a un patrón de deformaciones ilustrada en la fig. 14, hasta la rotura. Estos ensayos permitieron analizar la capacidad de disipación de energía y el comportamiento histerético de las secciones I. Los resultados permitieron formular un modelo numérico sencillo que predice el comportamiento histerético bajo cargas cíclicas arbitrarias, así como plantear un procedimiento para predecir la capacidad máxima de disipación de energía y prever su ruptura bajo la acción de cargas cíclicas arbitrarias.

En la fig.14(a) (b) (c), se muestra la curva $Q-\delta$, obtenida por Benavent-

Climent. La forma casi rectangular de los bucles indica un comportamiento histerético muy estable y una elevada capacidad de disipación de energía.



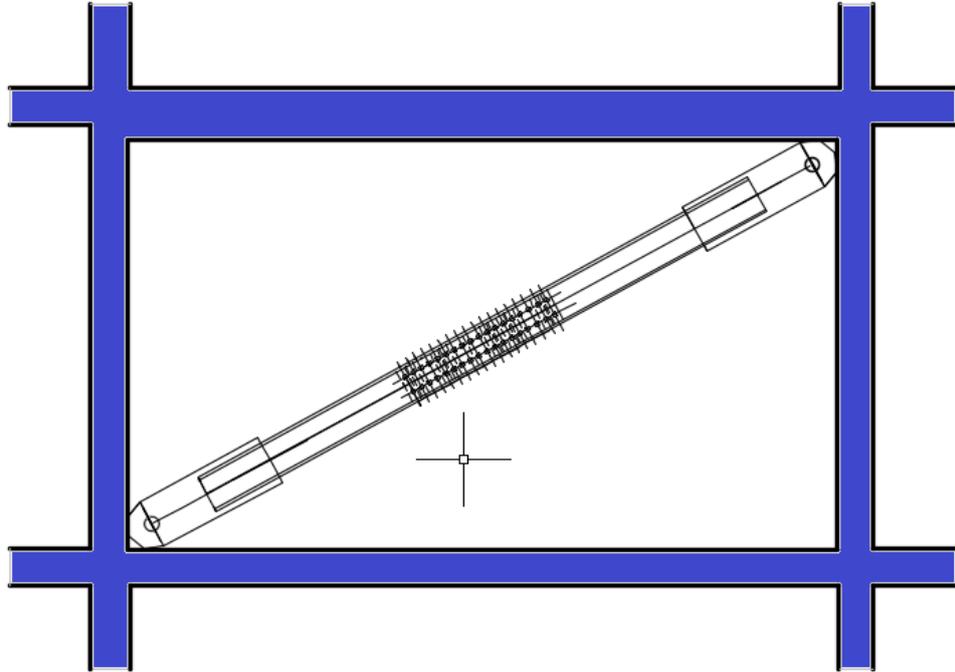
Fuente: Realización propia en base a la carga y desplazamiento en dwg.

Figura 14. Curva carga-desplazamiento.

2.2.4.3. Generalidades de la fabricación e instalación del disipador MDF

La instalación de los disipadores MDF en una estructura porticada es tan sencilla como colocar una barra diagonal convencional. No precisa de una estructura secundaria auxiliar. Este disipador puede ser soldado, anclado o atornillado a unas

chapas de sujeción que se instalan en la estructura principal del edificio en el nudo viga-columna como se muestra en la fig.15.



Fuente: Realización propia en base al DMF, fabricado.

Figura 15. Instalación de dissipadores MDF en una estructura.

Jara, J., Gayala A. y Miranda E. (2000), estos dissipadores pueden ser instalados tanto en construcciones nuevas como para reacondicionar edificios ya construidos, teniendo en cuenta que su principal ventaja es la capacidad de disipar energía de forma estable, sin pandear, haciendo uso de la propiedad de deformación plástica del acero.

La fabricación del dissipador es simple: consiste básicamente en cortar un perfil convencional I, en segmentos cortos y perforar los agujeros de conexión con las barras auxiliares para los pernos (tornillo-tuerca). Las barras auxiliares diagonales han sido

elaboradas con perfiles U convencionales. También se pueden usar restos de trozos de perfiles estructurales que sobran del proceso de construcción.

La sencillez del disipador MDF reduce los costes de fabricación, lo cual constituye una solución económica. Además, en sismos de elevada magnitud en donde las secciones I quedaron inutilizadas, estas pueden ser sustituidas fácilmente por unas nuevas, lo cual lo hace bastante económico y viable para su uso masivo en países en desarrollo como el nuestro.

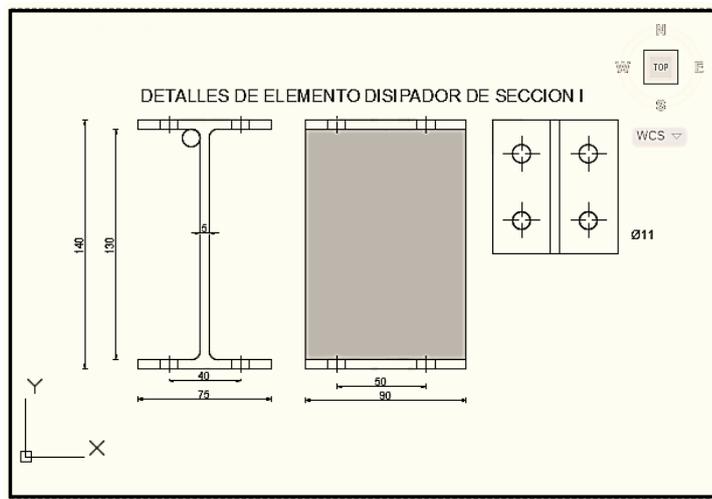
A diferencia de otros disipadores metálicos, el disipador MDF no requiere que las chapas de acero tengan un buen acabado, Tampoco requieren una elección tan cuidadosa de los materiales para su fabricación, sus componentes principales son chapas de perfiles I y U de acero de uso convencional en construcción, lo que se traduce en un proceso de fabricación de bajo costo.

El uso de los disipadores MDF permite que el daño potencial que un terremoto puede generar en el edificio, en lugar de producirse en las vigas y columnas que forman la estructura principal encargada de soportar las cargas gravitatorias, se concentre en zonas concretas (Secciones I del disipador), lo cual hace posible cuantificar el daño sufrido por estos elementos tras el terremoto y evaluar la necesidad o no de su sustitución.

2.2.4.4. Caracterización del segmento de perfil I

Los segmentos de perfiles metálicos de sección I de acero estructural convencional, constituyen el elemento donde se disipa propiamente la energía en los

disipadores de tipo MDF. La fuente de disipación de energía de estos elementos se produce por la deformación plástica del acero. Este disipador MDF se construye montando varios segmentos de perfil de secciones I sobre las barras auxiliares de acero, las cuales se proyectan para que se mantengan elásticas mientras los segmentos de acero deforman plásticamente a flexión, en la fig. (16), se muestra el plano de fabricación de los disipadores propiamente dichos con las dimensiones consideradas en el diseño.

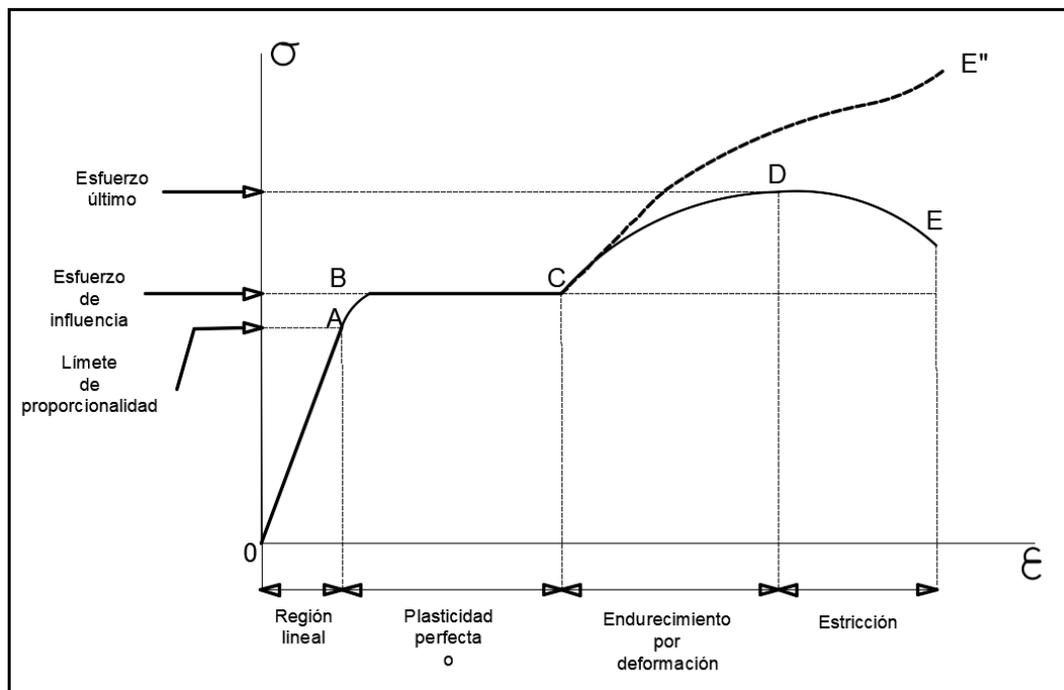


Fuente: Realización propia- plano fabricación del DMF. En dwg

Figura 16. Dimensiones nominales del segmento de perfil de acero de sección I (mm).

Los segmentos de acero trabajan mecánicamente en paralelo, es decir, están sometidos a idénticos desplazamientos relativos entre las alas del perfil, las secciones en I están hechas de acero, es un material que se puede soldar fácilmente. Su mayor desventaja es la corrosión ya que el hierro, que es su componente principal, se oxida con facilidad, por lo que se deben proteger con tratamientos superficiales. Los segmentos de perfil de sección I, hacen uso de la capacidad de deformación plástica del acero para disipar energía. Esta capacidad de deformación plástica depende del

límite elástico y de fluencia, de la tensión última y del alargamiento unitario último del material. El límite elástico y de fluencia determinan la tensión máxima que puede soportar el material sin sufrir deformaciones plásticas permanentes (ver curva de esfuerzo/deformación mostrada en la fig. (17). De igual manera y como complemento para nuestro análisis referente a la deformación del perfil disipador en estado natural y vibracional en la fig. (18) extraído de García, L. (1998), muestra la respuesta esfuerzo vs., deformación del acero estructural monotónico y cíclico.



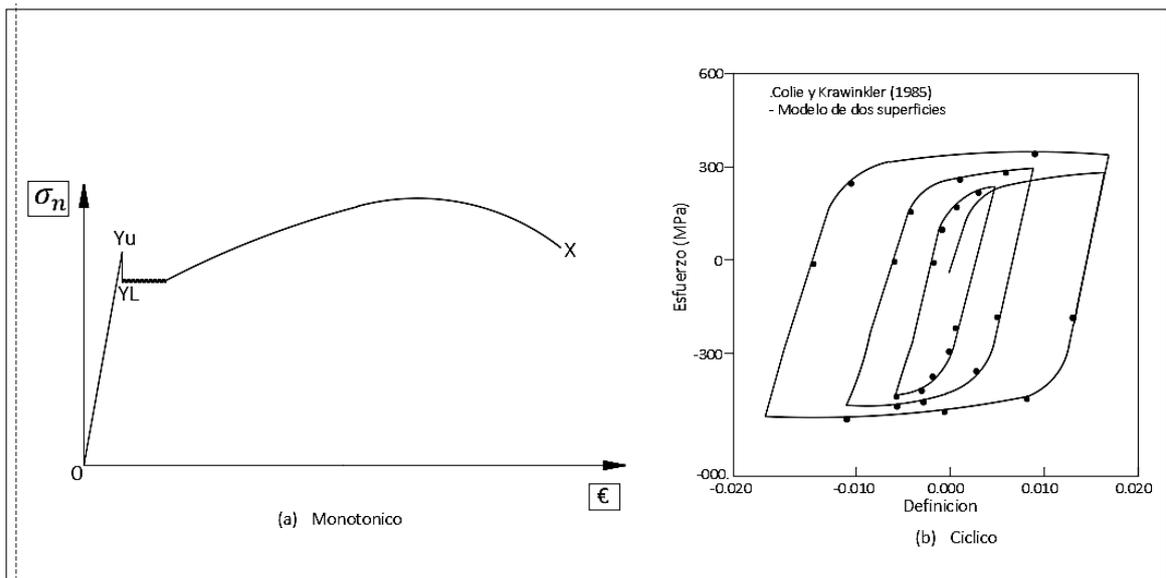
Fuente: Realización propia en dwg.

Figura 17. Curva de esfuerzo /deformación típica del acero.

Mendoza, J. Suarez, A. Redondo, J. and Maturana, M. (2010), la región lineal O-A es la zona de deformación elástica del material. La pendiente de esta zona representa el módulo elástico. Una vez el material ha rebasado el punto, y tras una pequeña zona de fluencia, comienza en el punto B el régimen plástico del material. Si se continúan

aplicando deformaciones impuestas, el material experimenta deformaciones permanentes y no recupera su forma original al retirar la carga. Si las tensiones siguen aumentando, el material agota su esfuerzo último de deformación C-D y alcanza su punto de rotura en E.

Sobre esta propiedad de deformación plástica del acero está basado el funcionamiento de estos disipadores.



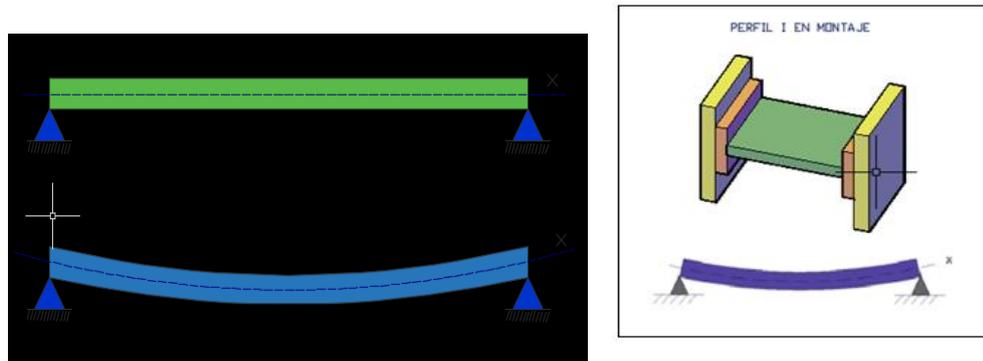
Fuente: Realización propia en dwg.

Figura 18. Respuesta esfuerzo deformación del acero estructural monótonico y cíclico.

2.2.4.5. Caracterización analítica del perfil de sección I

Para este análisis se utiliza la teoría de las vibraciones en placas, considerando para el análisis como una placa lineal tipo viga biempotrada.

Para la determinación de las frecuencias naturales, se trató el alma del segmento de perfil I como una viga homogénea e isotrópica, bajo distintas condiciones de contorno. Para aplicar este método se consideró que los lados del alma del segmento de perfil I, que conectaban con las alas estaban en condiciones de contorno de biempotramiento perfecto. De esta forma, el análisis del segmento de perfil I, se puede reducir al del alma idealizada como una viga de acero homogénea e isotrópica empotrada en sus dos lados, como se muestra en la fig. (19).



Fuente: Realización propia viga empotrada en dwg.

Figura 19. Perfil I como placa biempotrada.

Escobedo, A. (2010), considerando solo la deformación por flexión que produce desplazamientos y de sus puntos perpendiculares al plano de la misma, sin considerar torsiones, la ecuación diferencial del equilibrio dinámico es la siguiente.

$$\frac{\partial^2 M(x,t)}{\partial x^2} + m \cdot \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

Donde $M(x, t)$ representa el momento flector, m la masa y x la coordenada espacial que identifica cada punto de la viga y t la variable temporal. $Y(x, t)$ representa la función del desplazamiento del punto en la dirección perpendicular al plano.

Suponiendo que las cargas exteriores son nulas, la ecuación (1) se puede escribir como:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(EI \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} \right) + m \cdot \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0 \dots \dots \dots (2)$$

Donde E es el módulo de Young e I es el momento de inercia. El término $Y(x, t)$ en la ecuación anterior indica el desplazamiento transversal en cada punto x y para cada instante de tiempo t , y representa la deformación de la viga. Este término se puede expresar con dos funciones separadas en el dominio de la posición x , y del tiempo t :

$$y(x, t) = f(x) \cdot g(t) \dots \dots \dots (3)$$

Si se reemplaza la ecuación (3) en la ecuación (2) se tiene:

$$g(t) \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(EI \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} \right) + f(x) \cdot m \cdot \frac{\partial^2 g(t)}{\partial t^2} = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$$\frac{1}{m} \cdot \frac{1}{f(x)} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(EI \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} \right) = \frac{-1}{g(t)} \cdot \frac{\partial^2 g(t)}{\partial t^2} \dots \dots \dots (5)$$

El término de la izquierda de la igualdad es función de x , y representa la forma de vibrar de la viga en un instante t , igualando este término a ω , se tiene que:

$$\frac{1}{m} \cdot \frac{1}{f(x)} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(EI \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} \right) = \omega^2 \dots \dots \dots (6)$$

$$\left(\frac{\partial^4 f(x)}{\partial x^4}\right) - \frac{\omega^2 m}{EI} \cdot f(x) = 0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{\omega^2 \cdot m}{EI}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\left(\frac{\partial^4 f(x)}{\partial x^4}\right) - \beta^4 \cdot f(x) = 0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

La ecuación (11) es una ecuación diferencial de orden 4 y cuya solución es del tipo:

$$f(x) = C_1 \cdot \text{sh}(\beta x) + C_2 \cdot \text{cosh}(\beta x) + C_3 \cdot \sin(\beta x) + C_4 \cdot \cos(\beta x) \dots (10)$$

Resolviendo y considerando las condiciones de contorno, y la longitud L de la viga.

Obtenemos:

$$\omega = \frac{(\beta L)^2}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} \dots\dots\dots (11)$$

Las primeras frecuencias propias de vibración se pueden obtener haciendo

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Y reemplazando simplemente los valores de las constantes geométricas y mecánicas obtenemos.

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{(\beta L)^2}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} \dots\dots\dots (12)$$

Applied Technology Council, ATC-40 (1996), en la tabla 2, se muestra las frecuencias propias o de resonancia obtenidas aplicando la ecuación anterior. Donde los valores de las constantes E, I, L y λ son los mostrados.

Tabla 2. Constantes geométricas y mecánicas de una placa de acero

Constantes	Valores de βL	Frecuencia (Hz)
E: 2,1 x 10 ¹¹ N/m ² I: 9,375x10 ⁻¹⁰ m ⁴ L: 0,114 m λ: 3,5325 kg/m	4,73	2045,49
	7,85	5633,97
	11,00	11062,68
	14,14	18279,90
	17,29	27331,60

Fuente: Realizado en base propiedades del acero

2.2.5. Métodos basados en amortiguamiento equivalente

Bozzo, L. y Barbat, H. (2002), estos métodos parten del concepto de que las estructuras con amortiguadores tienen ratios de amortiguamiento modal significativamente más altos que las estructuras convencionales. La energía histerética es asimilada a energía disipada por amortiguamiento, convertida en amortiguamiento equivalente. El objetivo de estos métodos es determinar el nivel de amortiguamiento necesario para conseguir un nivel de prestaciones determinado, a partir de este valor de amortiguamiento objetivo, se

seleccionan los disipadores necesarios, siendo necesario conocer el coeficiente de amortiguamiento equivalente viscoso de cada dispositivo.

2.2.5.1. Coeficiente de amortiguamiento equivalente y rigidez

Hanson, D., and Soong, T-(2001), las fórmulas de rigidez y amortiguamiento viscoso equivalente, para disipadores histeréticos de fluencia se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Disipadores histeréticos (fluencia)

Modelo: Elastoplástico	
-Amortiguamiento equivalente	$C_d = 0 \quad , d_0 < d_y$
-Rigidez equivalente.	$k_d = k_e \quad , d_0 < d_y$
Modelo : Bilineal	
-Amortiguamiento equivalente	$C_d = \frac{4(k_e - k_h)d_y(d_0 - d_y)T}{(2\pi^2 \cdot d_0^2)} \quad , d_0 \geq d_y$
-Rigidez equivalente.	$k_d = \frac{[(k_e d_y + k_h(d_0 - d_y))]}{d_0} \quad , d_0 \geq d_y$
Modelo: Polinomial	
-Amortiguamiento equivalente	$C_d = \frac{4d_y p_y T \left[\frac{r-1}{r+1} \right] \left(\frac{p_0}{p_y} \right)^{r+1}}{(2\pi^2 \cdot d_0^2)}$
-Rigidez equivalente.	$k_d = \frac{p_0}{d_0}, \quad \frac{d_0}{d_y} = \frac{p_0}{p_y} + \alpha \left(\frac{p_0}{p_y} \right)^r$

Fuente: Realizado en base a (3)

2.2.5.2. Comportamiento histerético y capacidad de disipación de energía de DMF

Según ensayos experimentales, de disipadores MDF sometidos a ensayo de tracción según (Morillas, L. (2014).) se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 4. Ensayo de testigos del DMF a tracción

Esfuerzo de fluencia σ_y	3468 kgf/cm ²
Esfuerzo de rotura σ_B	4495,93 kgf/cm ²
Módulo de elasticidad E	2,1414x10 ⁶ kgf/cm ²
Alargamiento en rotura	29,60%

Fuente: Realización propia en base a ensayos de tracción.

La carga y desplazamiento de fluencia Q_y y δ_y pueden deducirse de la geometría y propiedades del material según la tabla 4, suponiendo que las alas del perfil de prueba están perfectamente empotradas, la rigidez lateral elástica, K_e viene dado por la ecuación 16, a partir de la altura h del alma del perfil hasta los radios de curvatura y la inercia a flexión de la sección I . A su vez la inercia de la sección viene dada por su ancho l y su canto.

$$t_w, I = dt_w^3/12 \dots\dots\dots(13)$$

$$K_e = \frac{12EI}{h^3} = \frac{Elt_w^3}{h^3} \dots\dots\dots(14)$$

$E=210000 \text{ N/mm}$; $l=$ ancho del dissipador del alma del perfil $=0,09\text{m.}$, en caso los perfiles en I estén conectados en serie tenemos:

$$\frac{1}{K_{e\text{ tot}}} = \frac{1}{K_{e1}} + \frac{1}{K_{e2}} + \frac{1}{K_{e3}} + \frac{1}{K_{e4}} + \frac{1}{K_{e5}}$$

y en caso de estar conectados en paralelo, la constante de rigidez del DMF Será $K_{e\text{ tot}} = K_{e1} + K_{e2} + K_{e3} + K_{e4} + K_{e5} = 5K_{eI}$, ya que la rigidez de cada tramo es igual y según el plano del DMF, los dissipadores propiamente dichos utilizados en este trabajo están en paralelo.

$$K_{e\text{ tot}} = (60EI/h^3) = (5lt_w^3 \cdot N) / h^3 \cos\theta$$

El momento flector de fluencia M_y de una sección de acero de dimensiones $l \cdot t_w$

Viene dado por:

$$M_y = \frac{\sigma_y t_w^2 l}{4} \dots\dots\dots(15)$$

Por equilibrio se obtiene la carga de fluencia Q_y

$$Q_y = \frac{\sigma_y t_w^2 l}{2h} \dots\dots\dots(16)$$

A partir de la rigidez elástica K_e de la ecuación (16) y la carga de fluencia Q_y de la ecuación (18), tenemos el desplazamiento de fluencia:

$$\delta_y = \frac{Q_y}{K_e} = \frac{\sigma_y h^2}{2Et_w} \dots\dots\dots(17)$$

Análogamente la máxima fuerza aparente Q_B , correspondiente a la tensión del acero σ_B viene dada por la siguiente expresión.

$$Q_B = \frac{\sigma_B t_w^2 l}{2h} \dots\dots\dots(18)$$

En el caso planteado se obtiene, los valores mostrados en la tabla. 5

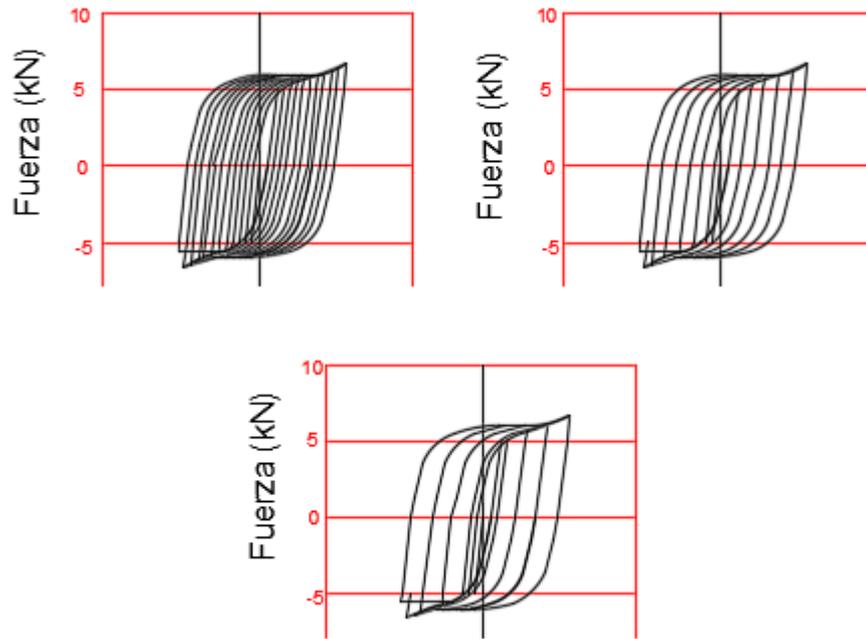
Tabla 5. Parámetros obtenidos aplicando las ecuaciones 15, 16,17 y 18

Q_y	Carga de fluencia	405,847 <i>kgf</i>
Q_B	Fuerza aparente máxima	527,2 <i>kgf</i>
δ_y	Desplazamiento de fluencia	1,88 <i>mm</i>
K_e	Rigidez elástica	216,18 <i>kgf/mm</i>

Fuente: Realización propia

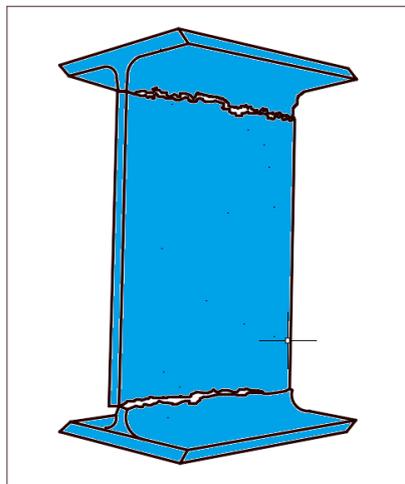
2.2.5.3. Relación carga desplazamiento

En las fig. (20), se muestran las curvas fuerza-desplazamiento, los resultados experimentales sugieren que el disipador MDF, presenta un comportamiento histerético estable y prácticamente idéntico en los dominios de carga positivo y negativo, con una transición suave entre la parte elástica y plástica así mismo en las figuras (21 y 22), tenemos representadas el patrón de rotura y el patrón de deformación típico del disipador MDF.



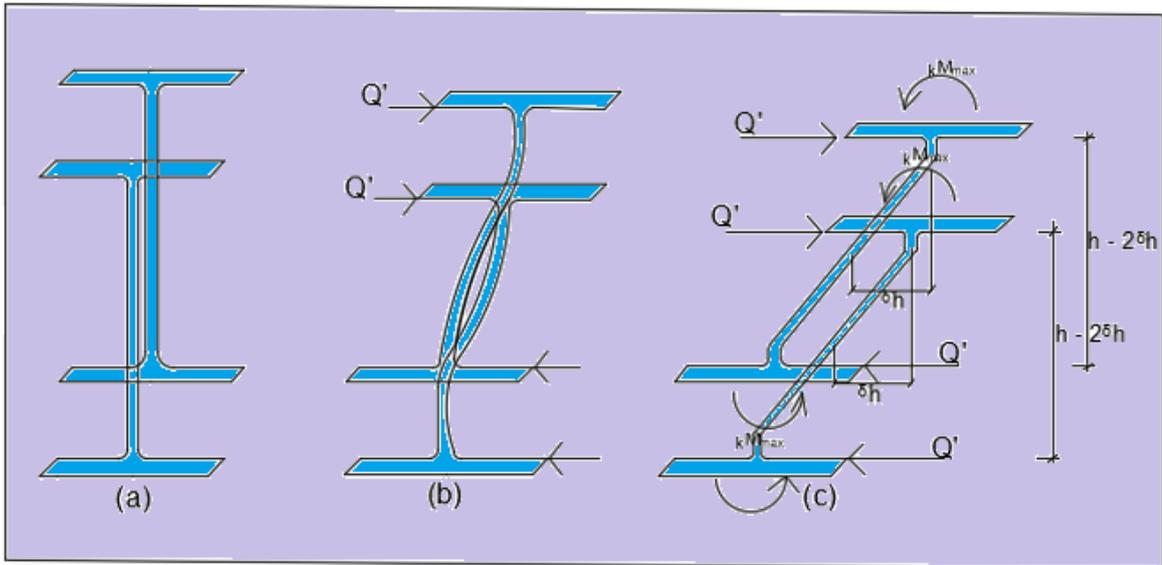
Fuente: Realizado en base a la relación carga desplazamiento en dwg.

Figura 20. Fallo de los segmentos del disipador debido a flexión.



Fuente: Realización propia en dwg.

Figura 21. Patrón de rotura en los disipadores MDF.

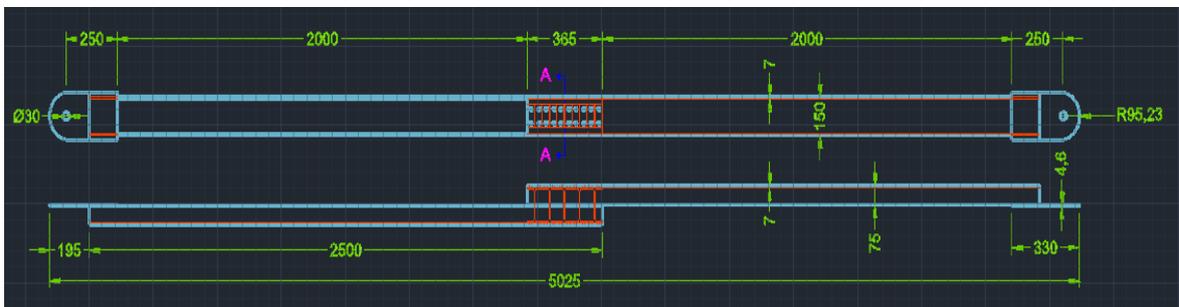


Fuente: Realizado en base a patrón de deformación.

Figura 22. Patrón de deformación típico del disipador MDF

2.2.6. Diseño del disipador de energía metálica de fluencia DMF.

En la edificación propuesta, se utilizaron disipadores metálicos de fluencia, en la cara principal y en la cara posterior de la edificación. En total hemos considerado 4 disipadores por piso, 2 en la cara principal y dos en la cara posterior siendo en total 20 disipadores en toda la edificación. Las características del disipador MDF se muestran en la fig.22.



Fuente: Realización propia.

Figura 23. Vistas frontal y lateral del dispositivo disipador de energía metálica de fluencia

En la cara principal tenemos disipadores con las siguientes características:

Pórtico de 2,650 m x 4,450m., $L_{d1}=5,18\text{m.}$, $\theta_1=30,77^\circ$.

En la cara posterior de la edificación tenemos 10 disipadores MDF de las siguientes características:

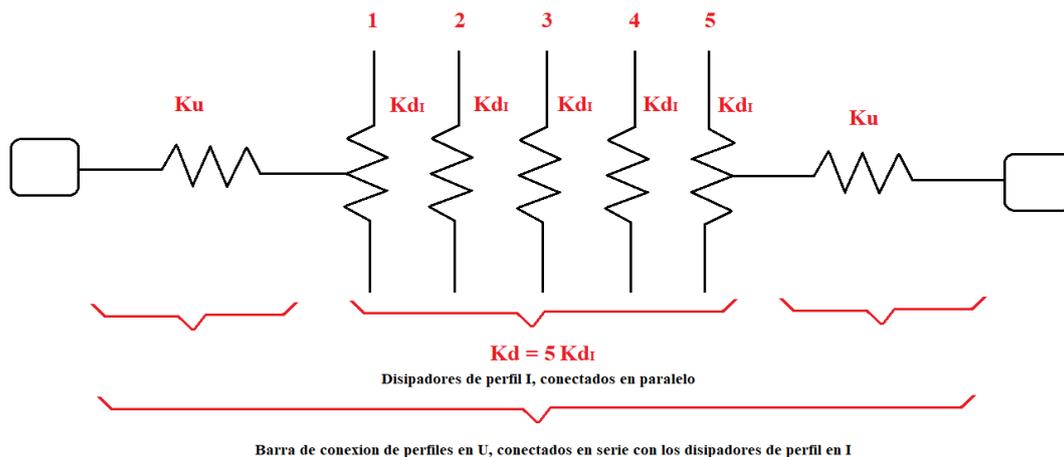
Pórtico de 2,650m x 3,350m., $L_{d2}=4,271\text{ m.}$ $\theta_2=38,34^\circ$.

Determinación de los coeficientes K_d y C_d para los disipadores metálicos de fluencia DMDF donde:

K_d : Coeficiente de rigidez equivalente

C_d : Coeficiente de amortiguamiento

Ahora vamos a calcular la rigidez del disipador por plastificación, utilizando las siguientes expresiones y considerando los coeficientes de rigidez bajo el siguiente esquema ver fig.24.



Fuente: Realización propia.

Figura 24. Configuración de la conexión entre los brazos metálicos y los disipadores DMDF

$$\frac{1}{K_f} = \frac{1}{K_u} + \frac{1}{K_u} + \frac{1}{5K_I} \qquad K_f = \frac{5K_u * K_I}{10K_I + K_u}$$

$$K_u = \frac{12E_u I_u}{h_u^3 \cos\theta} \qquad K_I = \frac{E_u l_I t_{wI}^3}{h_I^3 \cos\theta}$$

Reemplazando obtenemos la ecuación

$$K_f = \frac{5 \frac{12E_u I_u}{h_u^3 \cos\theta} * \frac{E_u l_I t_{wI}^3}{h_I^3 \cos\theta}}{10 \frac{E_u l_I t_{wI}^3}{h_I^3 \cos\theta} + \frac{12E_u I_u}{h_u^3 \cos\theta}} \dots\dots\dots(19)$$

Donde K_f , es el coeficiente de rigidez total del disipador DMF, y además contamos con los siguientes datos $E_U=E_I= 2,1 \times 10^6$ Kg-f/cm² Modulo de elasticidad del acero, $\theta_1=30,77^\circ$ $\theta_2=38,34^\circ$, $h_I=14$ cm., $h_U=16$ cm., $l_I=9$ cm, $t_{wI}=0,69$ cm, $b=7$ cm, $b_0=5,6$ cm, $h_0=13,2$ cm, $h=16$ cm.

$$I_{u_x} = \frac{bh^3 - b_0h_0^3}{12} = 1360 \text{ cm}^4$$

Reemplazando valores en la ecuación anterior tenemos: El coeficiente de rigidez del disipador de la cara principal y de la cara posterior de la edificación k_{f1} y k_{f2} y cuyos valores los vamos a utilizar para modelar la edificación con disipadores DMF.

Determinación del coeficiente de amortiguamiento de los disipadores metálicos de fluencia DMF, para nuestro análisis hemos considerado que el amortiguamiento es del tipo viscoso y hallamos el coeficiente de amortiguamiento equivalente del disipador modelado como viscoso.

$$C_{d1} = \left[\frac{2\Delta y (K_{DDE_1} - K_2) (\mu \Delta y - \Delta y) T}{\pi^2 (\mu \Delta y)^2} \right]_1 \dots \dots \dots (20)$$

Donde:

$\mu \Delta y$: Desplazamiento lateral

Δy : Desplazamiento de fluencia

μ : Ductilidad del disipador

T : Primer periodo de vibración

K_{DDE_1} : Rigidez elástica inicial (K_e)

$$\Delta y = \frac{f_y h^2}{2E_t \cos \theta} \cong \frac{\sigma_y h^2}{2Et_w \cos \theta} \dots \dots \dots (21)$$

Donde:

f_y : Esfuerzo de fluencia = 4200 Kg-f/cm², h=14cm, E=2,1x10⁶ Kg-f/cm², t_w=0,69 cm, $\theta_1=30,77^\circ$, $\theta_2=38,34^\circ$, l₁= 9cm, $\Delta y_1=3,26$ mm.

$$K_{DDE_1} = \frac{2nE_1 l_1 t_w^3}{3h_1^3 \cos \theta_1} = 877,7 \text{ tonf/m}$$

Se denomina α a la relación entre la rigidez postfluencia K_I , con respecto a la rigidez elástica del disipador. $\alpha = 0,03$ (valor asumido).

$$k_1 = \alpha * K_{DDE_1} = 26,33 \text{ tonf/m}$$

de igual manera,

$$K_{1,2} = \frac{F_u - F_y}{\Delta_u - \Delta_y} \dots\dots\dots (22)$$

μ =Ductilidad del disipador

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$$

Donde, Δ_u : Deformación ultima y Δ_y : Deformación de fluencia

$$\Delta_u = 10 \Delta_y$$

T: Periodo del primer modo de vibración = 0,9928

Reemplazando valores en la ecuación del coeficiente de amortiguamiento equivalente tenemos:

$$Cd_1 = 15,42 \text{ tonf-s/m} = 0,01542 \text{ tonf-s/mm.}$$

$$K_{DDE_2} = \frac{2nE_1 l_1 t_w^3}{3h_1^3 \cos\theta_2} = 754,23 \text{ tonf/m}$$

Siendo α , la relación entre la rigidez postfluencia K_2 , con respecto a la rigidez elástica del disipador posterior.

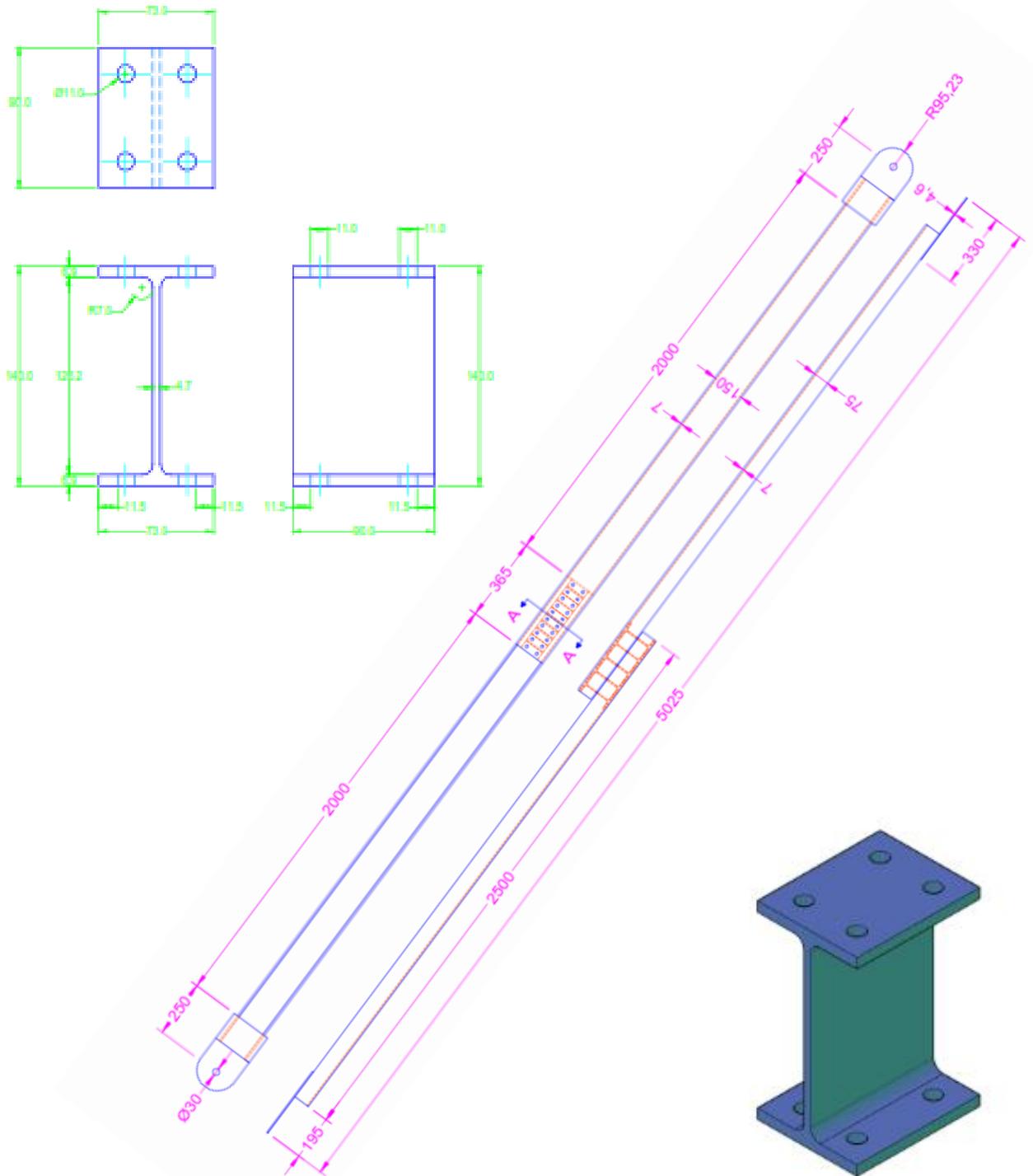
$$k_2 = \alpha * K_{DDE_2} = 22,63 \text{ tonf/m}$$

$$C_{d2} = \left[\frac{2\Delta y (K_{DDE_2} - K_2) (\mu \Delta y - \Delta y) T}{\pi^2 (\mu \Delta y)^2} \right]_2 \dots\dots\dots (23)$$

$Cd_2 = 13,24 \text{ tonf-s/m} = 0,01324 \text{ tonf-s/mm}$.

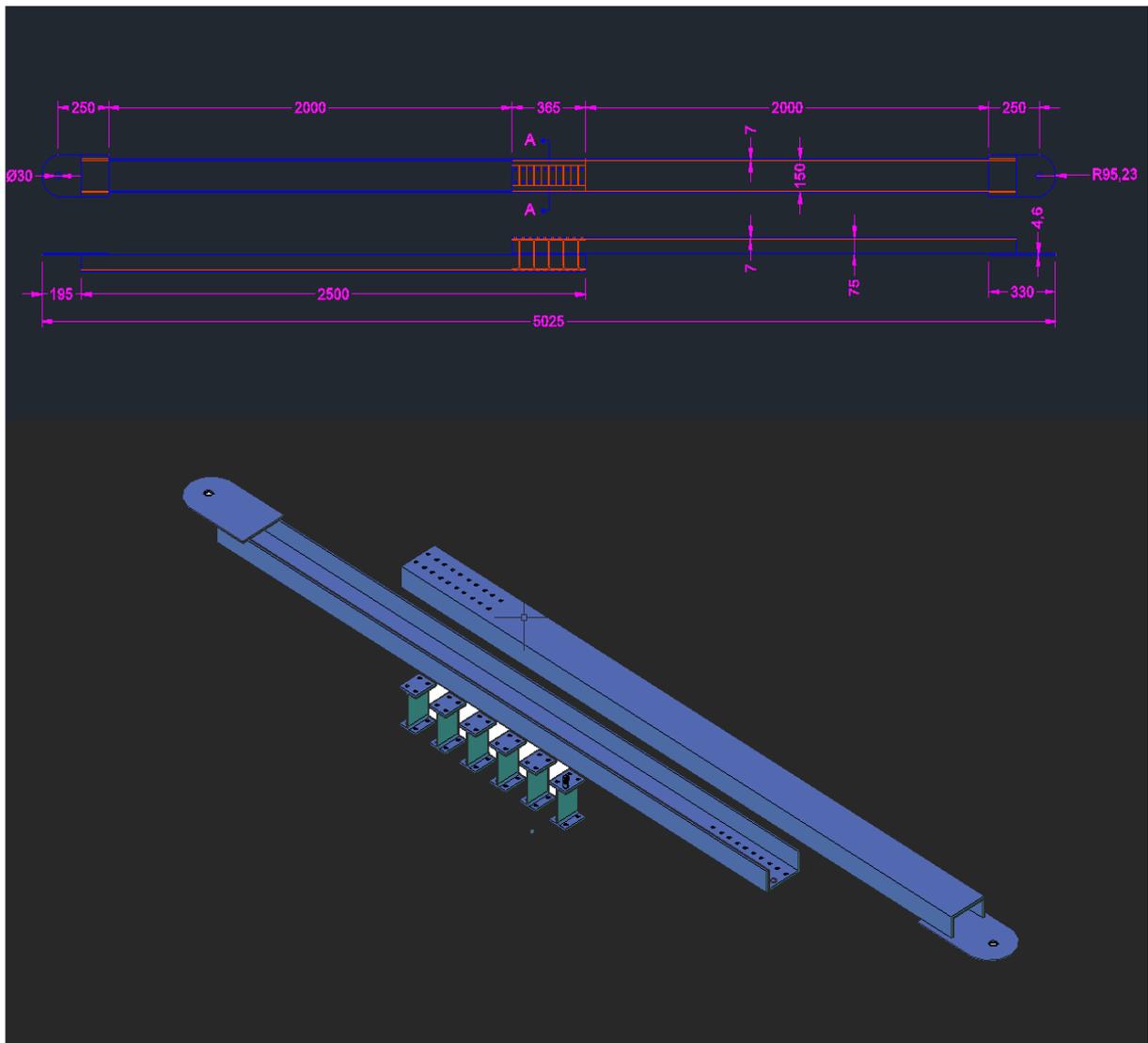
Con estos valores se realiza la modelación de la edificación con los disipadores metálicos de fluencia DMF y utilizando el ETABS-2016.

2.2.6.1. Montaje y desmontaje del difusor de fluencia



Fuente: Realización propia.

Figura 25. Detalles del disipador metálico de fluencia construido en el taller de MFCA.



Fuente: Realización propia.

Figura 26. Detalles del disipador metálico de fluencia en 3D, en desmontaje construido en el taller de la FCA-UNASAM

2.2.7. Edificación sismorresistente

2.2.7.1. Edificaciones de interés social

Miyashiro, L. (2009), bloques de edificios multifamiliares de tres a cinco pisos, conformando un conjunto habitacional de interés social que constituye un proyecto de vivienda.

2.2.7.2. Estrategia tradicional de diseño sismorresistente

Las técnicas típicas para controlar la respuesta estructural radican en la conjunción de rigidez, resistencia, y cualidad de disipación de energía en el intervalo inelástico, tomando como condición su ductilidad.

2.2.7.3. Riesgo sísmico

Cuando las consecuencias sociales o económicas de eventos sísmico alcancen una alta posibilidad de igualar o sobrepasar un rango establecido en un determinado lugar durante un periodo de exposición definido.

El riesgo sísmico es la relación existente entre la peligrosidad sísmica y la vulnerabilidad y se muestra a continuación:

$$\text{Riesgo Sísmico} = (\text{Peligrosidad sísmica}) * (\text{Vulnerabilidad}), \text{RS} = \text{PS} * \text{V}$$

2.2.7.4. Sismos considerados para análisis.

Tabla 6. Sismos para análisis

Lugar	Fecha	intensidad	victimas
Ancash	31 de mayo 1970	7.9 grados	70000 un alud desapareció Yungay.
Lima	03 octubre 1974	7.6 grados	252 muertos y 3600 heridos
San Martin	Mayo de 1990		400 muertos, 2800 heridos
Ocoña -Arequipa	2001	8 grados	102 muertos y un tsunami
Pisco (Chincha-Ica-Lima-Huancavelica)	2007	7.9 grados	Más de 500 muertos

Fuente: Realización propia

2.2.7.5. Histéresis

Cuando un material presenta un estado que no solo depende de la causa que lo provoca, sino además de sus estados anteriores y como llego a dicho estado.

Es la tendencia de un material a preservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo generador.

2.2.7.6. Disipación de energía y sus aplicaciones

El dispositivo disipador DMF, debe ser capaz de absorber calor con un incremento substancial de temperatura, esto porque la gran cantidad de energía producida en forma de calor no alcanza a ser disipada al medio ambiente sino de una manera limitada.

2.2.7.7. Ecuación de balance de energía

Chopra, Anil K. (1995), considérese la siguiente ecuación de balance de energía,

$$\mathbf{EI = ES +ED} \dots\dots\dots (24)$$

EI (energía absoluta de entrada) = **ES** (energía almacenada) + **ED** (energía disipada).

2.2.7.8. Definición de términos básicos

- **Sismo:** Es una sacudida del terreno que se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico.

- **Hipocentro.** Zona interior profunda de la corteza terrestre donde se produce el terremoto.

- **Epicentro.** Área de la superficie perpendicular al hipocentro, donde repercuten con mayor intensidad las ondas sísmicas.

- **Propagación.** El movimiento sísmico se propaga mediante ondas elásticas (similares al sonido), a partir del hipocentro.

Las ondas sísmicas se presentan en tres tipos principales: ondas longitudinales, ondas transversales, ondas superficiales.

- **Ondas longitudinales, primarias (P):** Ondas que se propagan a una velocidad de entre 8 y 13 km/s, y en el mismo sentido que la vibración de las partículas. Circulan por el interior de la Tierra, atravesando tanto líquidos como sólidos. Son las primeras que registran los sismógrafos.

- **Ondas transversales, secundarias (S):** Ondas que se propagan a una velocidad entre 4 y 8 km/s, perpendicularmente en el sentido de vibración de las partículas. Atraviesan únicamente los sólidos y se registran en segundo lugar en los sismógrafos.

- **Ondas superficiales:** Son las más lentas de todas (3,5 km/s). Son las que producen más daños se propagan a partir del epicentro y se registran en último lugar en los sismógrafos.

- **Escala sismológica de Richter.** Escala de magnitud local (ML), es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar la energía liberada en un terremoto. Lleva ese nombre en honor al sismólogo estadounidense Charles Richter.

- **Escala sismológica de Mercalli.** Escala de 12 grados desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a diferentes estructuras. Debe su nombre al físico italiano Giuseppe Mercalli.

- **Magnitud sísmica.** Es la medida de la fuerza de un sismo expresado en términos de la cantidad de energía liberada en el foco sísmico o hipocentro.

- **Intensidad sísmica.** Es una medida cualitativa de la fuerza de un sismo y se mide por sus efectos sobre la estructura de las edificaciones, los objetos, la sensibilidad de las personas, etc.

- **Sistema de control de la respuesta dinámica.** Son estrategias que radican en la incorporación de elementos externos a la estructura para mitigar su respuesta dinámica.

- **Sistemas de control pasivo.** Son mecanismos de carácter reactivo, y dependen únicamente de las condiciones de trabajo en que se encuentran y cuya respuesta no es controlable.

Intervienen modificando las propiedades dinámicas del edificio y generando una merma en su respuesta estructural.

- **Dispositivos pasivos de disipación de energía.**

Los disipadores o difusores de energía se pueden clasificar en disipadores histeréticos y visco elásticos.

Los dispositivos histeréticos.

Dependen fundamentalmente del desplazamiento y pueden ser:

- Por plastificación de metales debido a flexión, cortante o extrusión.
- De fricción entre superficies.

Los disipadores visco elásticos.

Dependen esencialmente de la velocidad y pueden en:

- Sólidos visco elásticos.
- Fluidos encauzados a través de orificios.
- Fluidos visco elásticos.

2.3. Aspectos de responsabilidad social y medio ambiental

Es importante mencionar que desde el título de este trabajo involucra el aspecto social, ya que se trata de incentivar el uso de estos disipadores sísmicos MDF en las edificaciones de uso social, como los edificios multifamiliares o también denominados conjuntos habitacionales e incluso para viviendas rurales tanto en nuestra zona como a nivel nacional, ya que estos dispositivos son económicos de fácil instalación evitando el colapso de las edificaciones sociales y en el mejor de los casos permite el reforzamiento mediante la inserción de los DMF en el pórtico estructural de las edificaciones ya construidas logrando que las personas sean beneficiadas debido a la conservación de su vivienda mediante la adquisición de estos dispositivos cuyo costo es accesible.

Respecto al medio ambiente podemos afirmar que estos dispositivos son amigables con el medio ambiente ya que al evitar el colapso de las edificaciones evita la

destrucción, la pérdida de vidas, conserva la calidad de vida y permite que las edificaciones conserven sus cualidades de habitabilidad y eviten ser demolidas lo que podría generar daño ambiental por la remoción de escombros, colapso de las tuberías de drenaje, las alcantarillas.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación:

Nuestra investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo explicativo, ya que es posible responder las causas del fenómeno físico y por qué se relacionan las variables de nivel descriptivo porque se especifican las características del comportamiento estructural de estas edificaciones y con un diseño transversal prospectivo, la población abarca todas las edificaciones de tipo social denominados condominios de 3 a 5 pisos y la muestra considerada es no probabilística.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población:

La población de estudio estuvo constituido por todos los edificios de la ciudad de Huaraz, de 3 hasta 5 pisos, los cuales están distribuidos de la siguiente manera, en el distrito de independencia contamos con el 1.1% (19177)=211 departamentos en edificios, lo que significa un aproximado de 53 edificios de 4 pisos en promedio, en el distrito de restauración (Huaraz) existen 3.9% (15294)=596 departamentos en edificios, lo que significa un aproximado de 149 edificios de 4 pisos en promedio, haciendo un total de 202 edificios de 4 pisos en la provincia de Huaraz, estos edificios son de tipo multifamiliar para vivienda las

características de la muestra considerada para este tipo de edificaciones son las siguientes; edificación social de cinco pisos que trabaja como una estructura tipo pórtico de concreto con zapatas convencionales; ubicada en el distrito de Independencia en Jr. Elías Aguirre N° 302, provincia de Huaraz.

3.2.2. Muestra:

La elección de la muestra es de tipo probabilístico aleatorio (azar) ya que la elección de los elementos dependió de la probabilidad.

Para la determinación de la muestra, se utilizará el cálculo muestral para una sola población (N) la cual será calculada al 95% de confiabilidad y 5 % de error muestral. Aplicando la siguiente ecuación.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \dots\dots\dots (25)$$

Z α = 1.96 (Nivel de confianza al 95 %)

N = Total de población: 202 edificios de uso multifamiliar

p = 0.5 (proporción esperada 50%)

q = 0.5 (1-p = 0.5)

d = 0.05 (Error muestral o precisión = 5%)

n = Edificios considerados

La muestra está constituida por 133 edificios de tipo multifamiliar, existentes en la ciudad de Huaraz, este tipo de edificios conforman un tipo de edificación social

ya que está constituido por departamentos multifamiliares, de 3 a 5 pisos utilizados básicamente para vivienda.

$$n = \frac{202 * (196)^2 * 0,5 * 0,5}{(0,05)^2 * (202 - 1) + (196)^2 * 0,5 * 0,5} = 132,75$$

$n = 133$ edificios multifamiliares.

3.2.2.1. Descripción y propiedades geométricas de la muestra

Edificación convencional:

La edificación tiene cinco pisos, su uso está destinado para vivienda multifamiliar de tipo social cuya estructura está constituido por pórticos de concreto armado con cimentación superficial con zapatas aisladas.

El edificio analizado se encuentra ubicado en la zona urbana del distrito de Independencia, de la provincia de Huaraz, consta de 5 pisos sobre el nivel del terreno.

Del piso 1 al piso 5, los niveles están destinados a funcionar como vivienda multifamiliar, con una terraza accesible. La altura del edificio máxima es decir considerando el nivel del suelo es de 15m., con una superficie a construir de aproximadamente 218.268 m². Las dimensiones típicas en planta corresponden al orden de 9,40 m por 23,22 m y una altura de entrepiso típica de 3.00 m.

La tipología estructural del edificio es de concreto armado, con ejes resistentes en dos direcciones; conformado por 5 ejes en la dirección X y 10 ejes en la dirección Y, 4 ejes resistentes correspondientes a pórticos y diafragmas rígidos de concreto armado. Cuenta

con pórticos sismorresistentes conformados por columnas, diafragmas y vigas de concreto armado estos tienen columnas rectangulares de ancho 0.30 m y de alto 0.60 m y 0.30 m y de alto 0.40 m; vigas transversales de 0.30m y 0.50 m y vigas longitudinales de 0.30 m de ancho y de 0.50 m de alto repitiéndose esta configuración en todos los niveles del edificio.

Las losas se comportan como diafragmas rígidos y de espesor 20 cm., en los pisos 1 al 5; la fundación del edificio corresponde a un sistema de vigas de cimentación en ambas direcciones, conformada con zapatas aisladas. El nivel de cimentación está a una profundidad de 1,50 m respecto de la superficie libre del suelo.

Estructuración

Como se mencionó, el sistema estructural está basado en pórticos de concreto armado, siendo el valor de R para un sistema aporricado de ocho. Las vigas y columnas que los conforman son:

VT = 0,30 x 0,50 m (vigas en la dirección X)

VL = 0,30 x 0,50 m (vigas en la dirección Y)

CC = 0,30 x 0,60 m y 0,30 x 0,40 m (columnas)

Características mecánicas de la edificación:

Resistencia a la compresión del concreto: $f'c = 2100 \text{ T/m}^2$

Módulo de Elasticidad del Concreto: $E_c = 2173706 \text{ T/m}^2$

Coefficiente de Poisson del concreto: $\mu = 0,20$

Módulo de Corte: $905710,83 \text{ T/m}^2$

Coeficiente de Expansión térmica del concreto: $9,9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Edificación disipada:

La estructura disipada presenta las mismas características que las mencionadas para la estructura tradicional, la única diferencia es el sistema de disipación, ya que son incluidos en los pórticos seleccionados en la cara principal y posterior de la edificación y con espacio suficiente para el acceso a los disipadores (DMF), para su inspección y posible recambio cuando sea necesario.

El sistema de disipación está situado sobre los marcos estructurales, en la parte frontal y posterior de la edificación.

El sistema de disipación consta de 4 disipadores por piso; los cuales se disponen de tal manera que se sitúen en los elementos que transmiten la carga, y serán fijadas entre viga y columna a través de pernos de anclaje y soldadura.

3.3. Hipótesis

3.3.1. Hipótesis general

Mediante la inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, se mejora significativamente el comportamiento estructural de edificaciones sociales.

3.3.2. Hipótesis específicas

a). - La inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia reduce las fuerzas actuantes en el marco estructural de la edificación social.

b). - La inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, reduce los momentos actuantes en el marco estructural.

c). - La inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, reduce los esfuerzos resultantes en el marco estructural.

d). - La inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, reduce los desplazamientos del marco estructural.

3.4. Operacionalización de variables

Hipótesis general:

❖ Variable Independiente:

Inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia.

❖ Variable Dependiente:

Mejorar el comportamiento estructural de las edificaciones sociales.

Hipótesis específica 1:

❖ Variable Independiente:

Inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia.

❖ Variable Dependiente:

Atenuar las fuerzas actuantes en el marco estructural.

Hipótesis específica 2:

❖ Variable Independiente:

Inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia.

❖ Variable Dependiente:

Atenuar los momentos resultantes en el marco estructural.

Hipótesis específica 3:

❖ Variable Independiente:

Inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia.

❖ Variable Dependiente:

Atenuar los esfuerzos resultantes en el marco estructural.

Hipótesis específica 4:

❖ Variable Independiente:

Inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia.

❖ Variable Dependiente:

Reducir los desplazamientos en el marco estructural.

3.5. Instrumentos

Las técnicas e instrumentos que se utilizaron para la recopilación y obtención de datos importantes, fueron las siguientes:

Revisión bibliográfica:

Se alcanzó a revisar y analizar una buena cantidad de información acerca del objeto de estudio, entre las cuales tenemos: Textos, revistas, folletos y una gran variedad de material impreso, los cuales nos guiaron en nuestra investigación.

Se utilizó la técnica de fichas, donde una vez analizada la información se extrajo de ellas conceptos útiles para esta investigación, las fichas nos ayudaron en la recolección de información del material escrito en varias investigaciones, constatando la validez de dicha información relacionada al tema con términos técnicos y conceptos implicados en el diseño.

Internet:

El internet siendo una red de redes computacionales, tanto de carácter público como privado, a nivel mundial, que utilizan el protocolo TCP/IP u otros similares para entablar comunicación entre sí, siendo considerado como una biblioteca virtual, localizamos en esta red una gran variedad de páginas especializadas lo que nos permitió obtener artículos y documentos relacionados con nuestra investigación.

Como técnica se utilizó los resúmenes de estos trabajos, donde una vez analizadas, se extrajo de ellas aquellos conceptos y nociones que han sido útiles en esta investigación.

Observación:

En la presente investigación se hizo uso de la observación como técnica de recolección de datos que consiste en el uso sistémico de los sentidos orientados a la captación de la realidad que se quiere estudiar y obtener los datos necesarios para dar respuesta a la problemática planteada. En este caso, detectar el comportamiento de la edificación bajo sus diferentes sistemas estructurales con disipadores antisísmicos histeréticos (metálicos de fluencia).

Instrumentos para la observación**Croquis:**

Se pudo registrar rápidamente algunos aspectos importantes tales como:

Orientación, dimensiones, ubicación de calicatas, datos de colindantes y aspectos importantes que pueda influir en nuestra investigación.

Instrumentos de medición:

Se pudo medir y registrar la realidad en términos objetivos dimensionales, georeferenciación del área de estudio, dichos instrumentos son los siguientes:

01 wincha de 05 m, 01 wincha de 50 m, 01 Estación Total y 01 GPS.

- Registro de dimensiones del área donde se ubica la edificación.
- Registro de dimensiones de acceso a la zona de estudio.
- Dimensiones de calicatas.
- Georeferenciación del área en estudio

Instrumentos de registro:

Se pudo registrar en sus condiciones perceptuales la edificación, para ello se usaron 01 cámara fotográfica digital, 01 cámara de video, mediante las cuales se grabó lo siguiente:

- Fotografías y filmaciones de las condiciones geotécnicas del área de estudio.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Procedimiento para el análisis sísmico

Villarreal, G. (2009,2016), se utiliza lo recomendado en la norma ASCE 7-10-CAP18 (requerimiento de diseño para estructuras con sistemas de disipación). Para la determinación del SISMO DE DISEÑO, el mismo que se emplea para el cálculo de las propiedades de los disipadores, igualmente se toman en cuenta los lineamientos de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente.

Según lo mencionado se toman en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los registros sísmicos que se empleen deben reflejar la realidad del proyecto, deben haber sido tomados en suelos con características similares al suelo donde se pondrá la cimentación.
- Se deben considerar por lo menos 3 registros sísmicos en sus dos componentes horizontales.
- La norma peruana indica que los registros deben ser escalados a un espectro de pseudo-aceleraciones o de diseño, y para ser calculado fijamos el valor del coeficiente de reducción sísmica $R=1$.

3.6.2. Procedimiento para la determinación el sismo de diseño

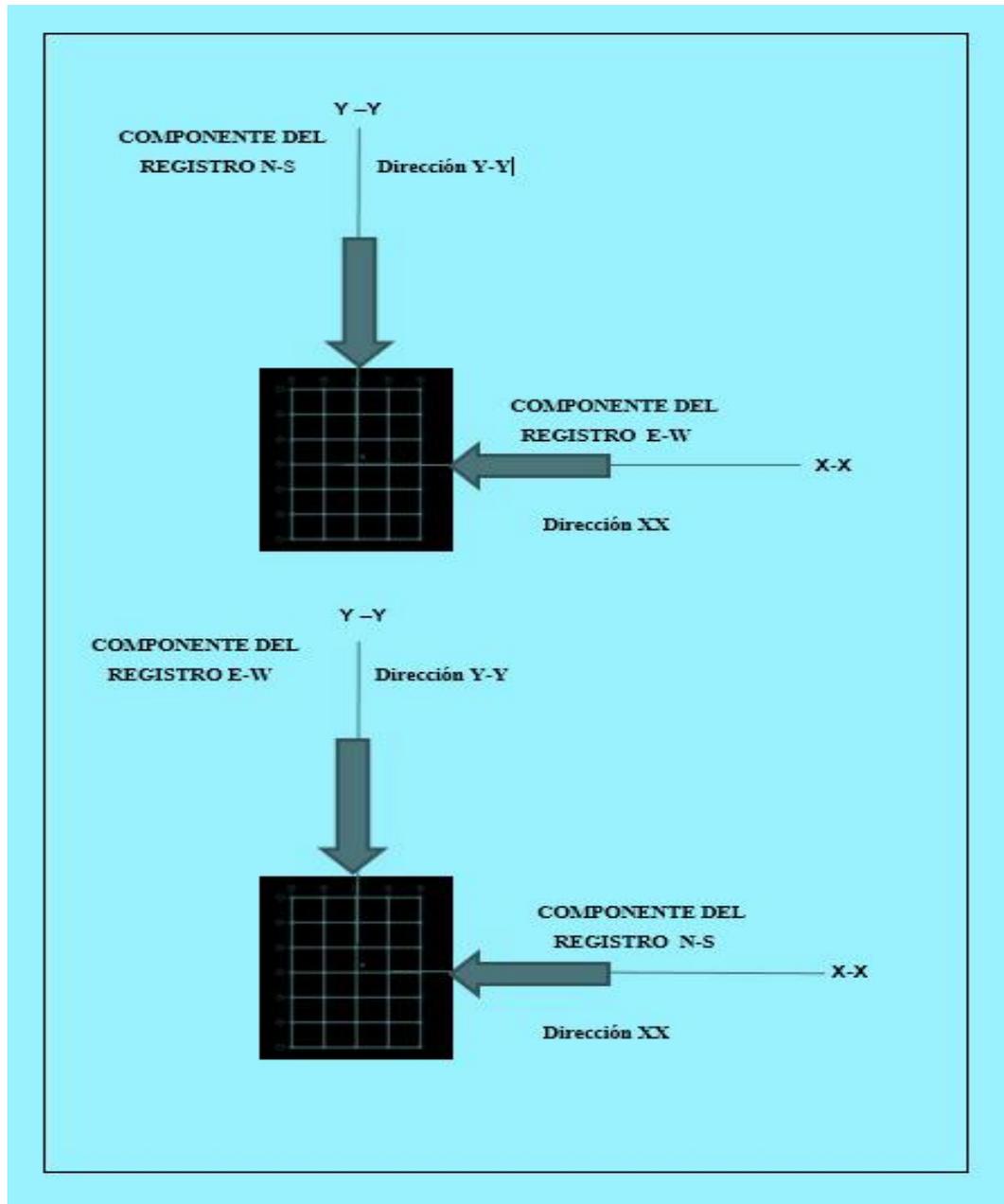
- Realizamos el análisis dinámico espectral del edificio y calculamos las derivas de entrepiso considerando $R=1$, esta reducción de R se hace para que la edificación entre en el rango inelástico ante un sismo severo. Para la obtención de las distorsiones, los

desplazamientos laterales calculados ya no se multiplican por $0,75 \cdot R$ sino solo por 1.

- Escalamos los acelerogramas en sus dos componentes al espectro de diseño.

Para obtener mayor exactitud empleamos el software recomendado por Taylor Devices Inc., Seismo Match 2.1.0.

- Realizamos el análisis tiempo historia con los acelerogramas escalados. Los registros sísmicos se han tomados en dos componentes (E-W y N-S) y para analizar la estructura el método adecuado se indica en las fig.27.



Fuente: Realizado en base a (35) Villarreal G.

Figura 27. Registros sísmicos en dos componentes (E-W y N-S), para analizar la estructura.

Por cada registro sísmico que se emplee en el análisis tiempo-historia deberán analizarse dos casos por separado.

1.- Componente E-W del registro sísmico actúa sobre la dirección X-X de la estructura mientras que sobre la dirección Y-Y lo hace la componente N-S.

2.- Componente N-S del registro sísmico actúa sobre la dirección X-X de la estructura mientras que sobre la dirección Y-Y lo hace la componente E-W.

Finalmente, para la determinación del sismo de diseño, debemos realizar una comparación entre las distorsiones de entrepiso obtenidas del análisis dinámico espectral y de análisis tiempo-historia. El sismo de diseño será el que se ajuste más a las distorsiones obtenidas del análisis dinámico espectral.

3.6.3. Determinación del sismo de diseño (análisis dinámico espectral)

Análisis estructural de la edificación:

Hasta ahora ya disponemos del modelo geométrico de la estructura, para realizar el análisis dinámico espectral procedemos de la siguiente, manera.

1.-Determinación de los parámetros sísmicos

Factor de zona (Z). - HUARAZ se encuentra ubicada en la zona sísmica 3, según tabla N° 1 de la Norma E030-2006 le corresponde un valor de $Z=0,35$.

Parámetros del suelo (S) y (Tp), la estructura estará ubicada sobre un suelo tipo S2 (suelo de Independencia es un suelo intermedio), al que le corresponde un factor de amplificación del suelo $S=1,15$ y un periodo $T_p=0,4$ s, de acuerdo a la tabla N° 2 de la Norma E030-2006

Categoría de la edificación. - (U) Según la tabla N° 3 de la Norma E030-2006, a una edificación común le corresponde un factor de uso $U=1$.

Tabla 7. Parámetros sísmicos

Parámetros	Direcciones X e Y
Z	0,35
U	1
S	1,15
Tp	0,4 s
Rxx=Ryy	1

Fuente: Realizado en base al análisis sísmico.

Factor de Reducción (R). - Como se mencionó anteriormente, este valor se toma en base a consideraciones especiales fijándose su valor R=1 (Fuente ASCE 7-10 Cap. 16).

2.- Mediante una hoja de cálculo en Excel, creamos una plataforma del factor de amplificación:

$$C = 2,5 \left[\frac{T_r}{T} \right] \leq 2,5 \dots \dots \dots (26)$$

Donde Tp = 0,4 s, para esta tesis se tomó el valor de T desde 0 hasta 10 con una frecuencia de 0,2s.

La gravedad será considerada al momento de ingresar el espectro de diseño en el software SeismoMatch v.2.1.0. En la tabla 7, se muestra los parámetros sísmicos y en la tabla 8, el espectro de pseudo-aceleraciones (espectro objetivo) el cual será usado para escalar los acelerogramas seleccionados para un posterior análisis tiempo- historia.

Tabla 8. Espectro de pseudo aceleraciones- espectro objetivo

T	Z*U*S*C/
0	1
0.2	1
0.4	1
0.6	0.667
0.8	0.5
1	0.4
1.2	0.333
1.4	0.286
1.6	0.25
1.8	0.222
2	0.2
3.2	0.125
3.4	0.118
3.6	0.111
3.8	0.105
4	0.1
4.2	0.095
4.4	0.091
4.6	0.087
4.8	0.083
5	0.08
5.2	0.077
5.4	0.074
5.6	0.071
5.8	0.069
6	0.067
6.2	0.065
6.4	0.063
6.6	0.061
6.8	0.059
7	0.057
7.2	0.056
7.4	0.054
7.6	0.053
7.8	0.051
8	0.05
8.2	0.049
8.4	0.048
8.6	0.047
8.8	0.045
9	0.044
9.2	0.043
9.4	0.043
9.8	0.041
10	0.04

T	C
0	2.5
0.2	2.5
0.4	2.5
0.6	1.667
0.8	1.25
1	1
1.2	0.833
1.4	0.714
1.6	0.625
1.8	0.556
2	0.5
3.2	0.313
3.4	0.294
3.6	0.278
3.8	0.263
4	0.25
4.2	0.238
4.4	0.227
4.6	0.217
4.8	0.208
5	0.2
5.2	0.192
5.4	0.185
5.6	0.179
5.8	0.172
6	0.167
6.2	0.161
6.4	0.156
6.6	0.152
6.8	0.147
7	0.142
7.2	0.139
7.4	0.135
7.6	0.132
7.8	0.128
8	0.125
8.2	0.122
8.4	0.119
8.6	0.116
8.8	0.114
9	0.111
9.2	0.109
9.4	0.106
9.8	0.102
10	0.1

PARÁMETROS	
Z	0.4
U	1
S	1

Fuente: Realizado en base al espectro objetivo

3.6.4. Análisis del edificio con difusores de energía

En esta tesis se consideró como distorsión objetivo el valor de 7%, considerada como la distorsión máxima permitida para estructuras de concreto armado, según lo indica la norma peruana E030 de diseño sismorresistente, los cálculos se realizaron para el eje X-X, donde la distorsión máxima es mayor a la permitida; el eje Y-Y por tener una distorsión mínima no requiere de disipadores.

Para los disipadores por plastificación de metales, calculamos la rigidez mediante la siguiente expresión:

$$K_{di} = \frac{NEbt^3}{6h^3 \cos\theta} \dots\dots\dots(27)$$

$$K_e = \frac{12EI}{h^3} = \frac{Elt_w^3}{h^3} \dots\dots\dots(28)$$

Donde:

K_{di} : rigidez del disipador por plastificación

N : número de disipadores (asumido)

E : módulo de elasticidad

b : base del disipador por fluencia

t : espesor asumido del disipador por fluencia

h : altura del disipador por fluencia

θ : ángulo de inclinación de los disipadores.

Luego determinamos la fuerza de fluencia de los difusores o disipadores

$$V_{di} = \frac{N \cdot f_y \cdot 10 \cdot b t^2}{4 h \cos \theta} \dots\dots\dots (29)$$

$$Q_y = \frac{\sigma_y t_w^2 l}{2 h} \dots\dots\dots (30)$$

Donde:

V_{di} - Fuerza de fluencia de los disipadores

f_y - esfuerzo de fluencia asumido del disipador

Ahora, determinamos el desplazamiento de fluencia de los disipadores

$$\Delta_{yi} = \frac{1.5 \cdot f_y \cdot 10 \cdot h^2}{E t \cos \theta} \dots\dots\dots (31)$$

$$\delta_y = \frac{Q_y}{K_e} = \frac{\sigma_y h^2}{2 E t_w} \dots\dots\dots (32)$$

Donde:

Δ_{yi} - desplazamiento de fluencia de los disipadores:

En consecuencia, la rigidez elástica inicial será:

$$K_e = \frac{V_{di}}{\Delta_{yi}} \dots\dots\dots (33)$$

Donde

K_e - rigidez elástica inicial

Oviedo, R. (2008), aplica la siguiente ecuación para determinar el coeficiente de amortiguamiento utilizando la siguiente expresión

$$C_d = \frac{4(K_e - K_h)\Delta y_i(d_0 - \Delta y_i)T_1}{2\pi^2 d_0^2} \dots\dots\dots (34)$$

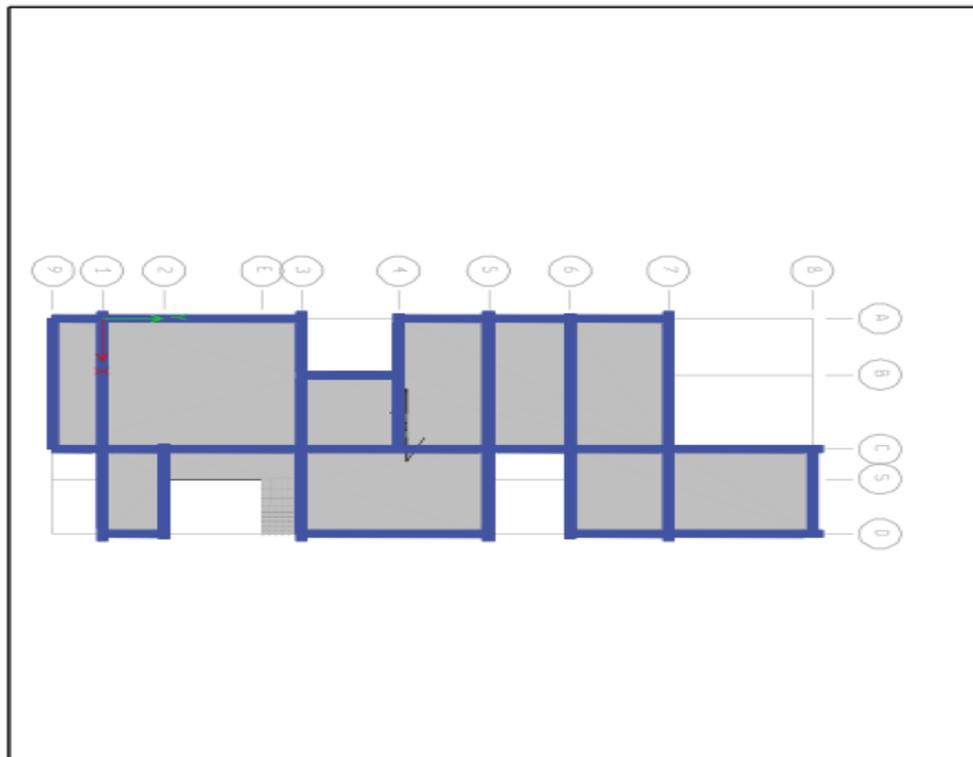
Donde:

C_d - coeficiente de amortiguamiento

K_h - rigidez de deformación-endurecimiento

d_0 - máximo desplazamiento de diseño del disipador

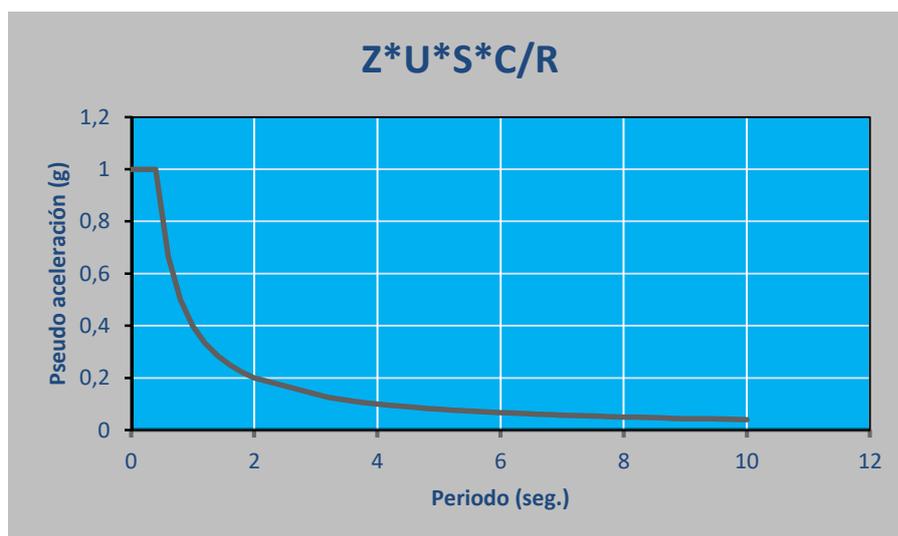
T_1 - periodo del primer modo de vibración.



Fuente: Elaborado en base al modelado en Etabs.

Fuente: Realizado en base al análisis dinámico espectral.

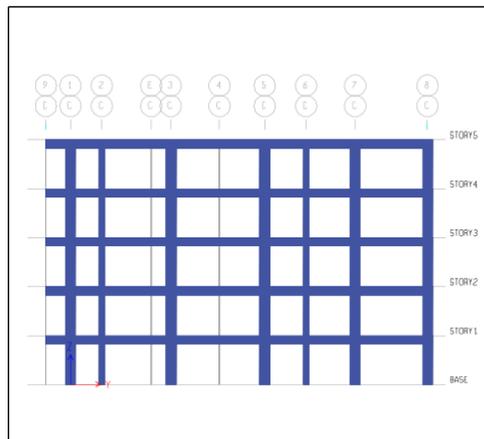
Figura 28. Edificación convencional empotrada vista en planta.



Fuente: Realizado en base al análisis dinámico espectral.

Figura 29. Espectro de pseudo - aceleración (R=1).

- Para iniciar con el análisis dinámico espectral del edificio analizado, copiamos los valores de T vs ZUCS/R lo llevamos a un block de notas, y guardados el archivo como ESPECTROPAC, consideramos $R=1$.
- Ingresamos ahora al software ETABS 2016 y abrimos nuestro archivo Modelo geométrico Eureka DMDF0
- Para generar el análisis espectral nos dirigimos a Define Functions Response Spectrum.



Fuente: Realizado en base al análisis de la edificación Etabs.

Figura 30. Edificación convencional empotrada vista en elevación.

Para modelar la estructura de base fija (empotrada) se hizo en forma detallada considerando todas las características de la estructura.

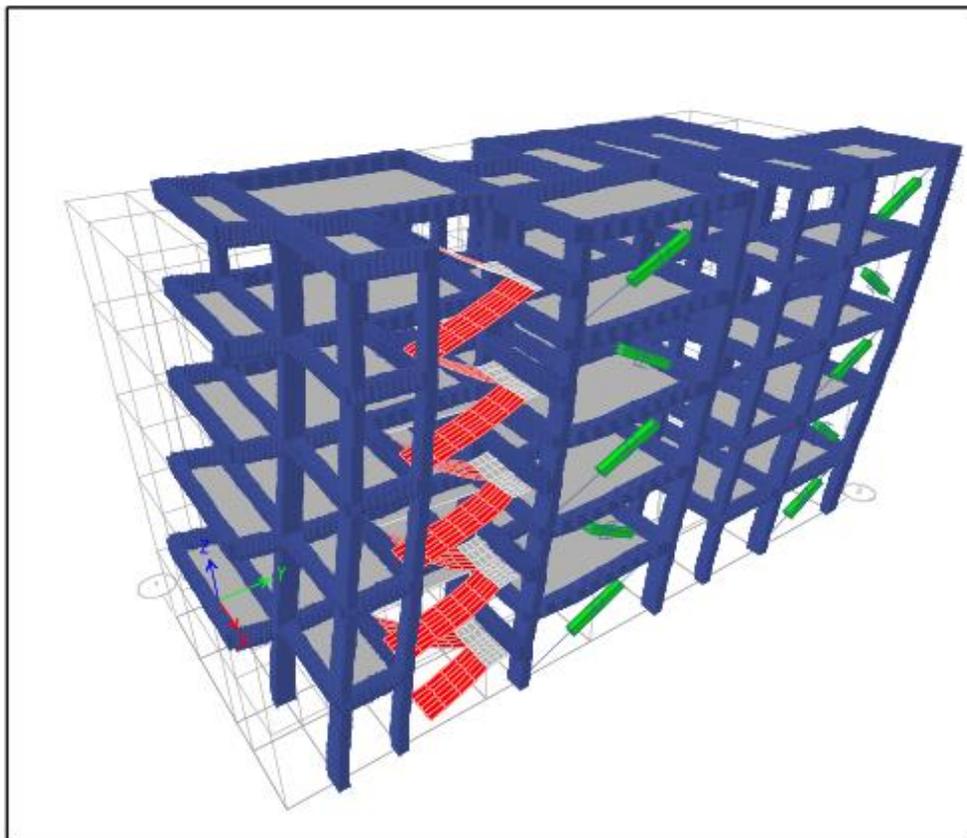
Se consideró la base del edificio empotrada al suelo. Para el sistema que conforma el piso en cada nivel se utilizó el constrain de diafragma, para lograr distribuir las fuerzas inerciales entre los planos y subestructura verticales resistentes.

Las masas para el análisis modal se consideran los elementos incrementando un porcentaje que se agrega de la sobrecarga por medio del *más source* y no de *puntos o joints*, donde se concentre estas propiedades, esto por considerar la primera opción más real.

Para la carga sísmica en la estructura convencional se utilizó el análisis estático y análisis modal espectral previsto en la norma, ingresando el espectro a las características sísmicas de la estructura, y analizando en dos direcciones ortogonales entre sí.

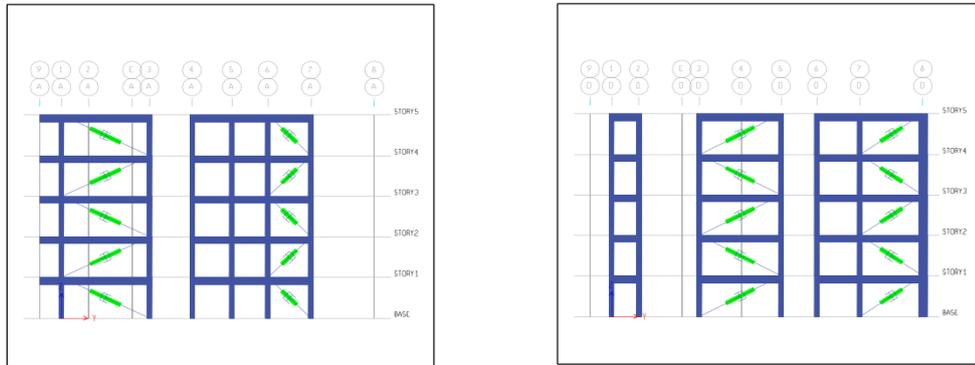
3.6.5. Modelo Utilizado para la edificación disipada-Etabs

En las figs. 31 al 33, se muestra el modelo del edificio con todas sus características incluyendo los disipadores y elaboradas en el ETABS-2016.



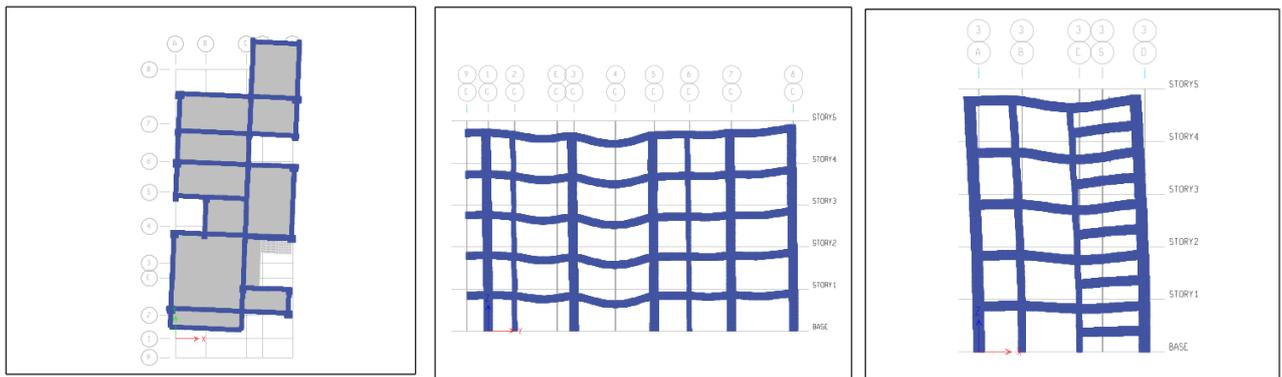
Fuente: Realizado en base al modelamiento en Etabs

Figura 31. Edificación disipada vista en elevación 3D.



Fuente: Realizado en base al modelamiento en Etabs

Figura 32. Edificación disipada vista en elevación.



Fuente: Elaborado en base al modelamiento en Etabs.

Figura 33. Edificación empotrada sometido a sismo.

Para modelar la estructura disipada, como se ha mencionado se consideran las mismas características de la estructura convencional, añadiendo todos los elementos propios de la técnica de disipación, la conexión y los apoyos de estos. La incertidumbre, acerca de la respuesta de la superestructura, se reduce al utilizar la técnica de disipación, porque permanecerá en el rango elástico. El sistema de disipación se modeló considerando la distribución espacial de los disipadores, las traslaciones y torsiones, las fuerzas de volcamiento, y otros efectos como la carga vertical, velocidad de carga, etc. En todos estos requerimientos se encuentra una de las razones para escoger el

software ETABS para la modelación computacional, ya que además de estar recomendado por la norma, analizan también casos más complejos, los disipadores usados en este estudio tienen la característica que su comportamiento puede ser modelado a través de un modelo histerético bilineal, las propiedades necesarias para generar el modelo bilineal en ETABS son: la rigidez efectiva y amortiguamiento efectivo para la parte lineal y de la rigidez post – fluencia, la fuerza de fluencia en la cual comienza a funcionar el disipador.

3.6.6. Dimensiones y características finales de los difusores DMF

Para nuestro caso ya tenemos establecidos la cantidad de disipadores, la carga axial sísmica transmitida de la estructura sobre el sistema de disipación, el período objetivo y las cargas máximas y mínimas que actuarán sobre el disipador; En la tabla (9)., se muestra las características principales de los disipadores DMF.

Tabla 9. Características principales de los disipadores metálicos de fluencia DMF

Descripción	Característica
Número de disipadores DMF	: 4 por piso
Longitud Total DMF1	: 5180 mm.
Longitud Total DMF2	: 4271 mm.
Número de disipadores perfil en I	: 5 por cada disipador MDF
Número de pernos	: 40 por cada DMF

3.7. Análisis de datos

Instrumentos de recolección de datos - software

Se utilizó el software ETABS 2016, software de diseño integral para edificaciones:

Pre procesamiento

El programa ETABS permitió desarrollar la geometría del modelo mediante un conjunto de objetos, como líneas o mallas de elementos finitos, a los cuales se les asigno sus propiedades mecánicas (módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, e t c .), propiedades geométricas (sección transversal, momentos de inercia, espesores en el caso de losas, etc.), el material y las solicitaciones de carga (fuerzas, desplazamientos, cambios de temperatura, etc.).

Mediante las opciones de selección, los elementos se eligieron de acuerdo a la planta a la que pertenecen, a su sección transversal, al tipo de objeto (punto, línea, área), etc.

La geometría del modelo, que puede ser modelada a través de las opciones edición, como las de copiado, pegado y eliminación, se visualizaron a través de vistas tridimensionales, vistas en planta o vistas en elevación.

Se pudo visualizar las asignaciones realizadas a los elementos, tales como, cargas, nombre, material, ejes locales, etc. y personalizar las opciones de visualización relacionadas al color del fondo de pantalla y de los elementos, al número de ventanas de visualización, al sonido de las animaciones, etc.

Procesamiento

El procesamiento, está relacionada con el tipo de análisis ejecutado. Siendo de dos tipos análisis estático elástico, y análisis dinámico lineal (modal, tiempo-historia y espectral).

Es posible también, considerar durante el análisis, el efecto de la secuencia constructiva en la determinación de los resultados.

Post procesamiento

Los resultados del análisis se mostraron en pantalla a través de gráficos, tablas y funciones, y de manera impresa, a través de archivos de texto. De manera gráfica, se muestra las reacciones en la base, las fuerzas internas en los objetos de línea y la representación de la distribución de fuerzas y esfuerzos en los objetos de área y volumen. De manera tabulada, se muestran los desplazamientos, rotaciones y reacciones en los nudos, las fuerzas internas en los elementos, los modos del edificio, etc.

También generaron funciones que corresponden a curvas espectrales de respuesta, trazas tiempo-historia.

Con la información relacionada a las restricciones, grados de libertad, masa de los elementos, períodos y frecuencias modales, factores de participación modal, porcentaje de masa de participación modal, etc., se generó un archivo de texto que se visualiza de manera impresa.

Se obtuvo animaciones de la forma deformada del modelo (para un caso de carga) y los modos de vibración y exportar los resultados del análisis a hojas de cálculo,

procesadores de texto o bases de datos.

Reportes del software Etabs:

El análisis estructural realizado mediante el programa ETABS-2016 de edificaciones convencionales y edificaciones con disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia nos permitió determinar los siguientes parámetros:

- Períodos y frecuencias.
- Desplazamientos máximos y las distorsiones máximas.
- Fuerzas axiales máximas.
- Fuerzas cortantes máximas.
- Determinar los momentos flectores máximos.
- Momentos torsores máximos.
- Fuerzas axiales máximas de la viga más crítica del primer piso.
- Fuerzas cortantes máximas de la viga más crítica del primer piso.
- Momentos flectores máximos de la viga más crítica del primer piso.
- Momentos torsores máximos de la viga más crítica del primer piso.
- Se analizan cada una de las formas de vibración, indicando las principales vibraciones libres observadas.
- Se comprobaron los desplazamientos verticales por el efecto de alabeo en losas.

IV. RESULTADOS

Ahora vamos a revisar los resultados del análisis estático y espectral bajo las siguientes consideraciones, mostradas en la tabla N°10.

Tabla 10. Secuencia para el análisis de los resultados estático y espectral

EDIFICACIÓN EMPOTRADA		EDIFICACIÓN DISIPADA	
ANÁLISIS ESTÁTICO	ANÁLISIS ESPECTRAL	ANÁLISIS ESTÁTICO	ANÁLISIS ESPECTRAL
DESPLAZAMIENTOS			
Sismo X	Sismo X	Sismo X	Sismo X
Sismo Y	Sismo Y	Sismo Y	Sismo Y
Desplazamiento Entrepiso XX	Desplazamiento Entrepiso XX	Desplazamiento Entrepiso XX	Desplazamiento Entrepiso XX
Desplazamiento Entrepiso YY	Desplazamiento Entrepiso YY	Desplazamiento Entrepiso YY	Desplazamiento Entrepiso YY
DERIVAS			
Deriva de entrepiso XX			
Deriva de entrepiso YY			
FUERZAS INTERNAS			
Fuerza axial máxima XX			
Fuerza axial máxima YY			
Fuerza cortante XX	Fuerza cortante XX	Fuerza cortante XX	Fuerza cortante XX
Fuerza cortante YY	Fuerza cortante YY	Fuerza cortante YY	Fuerza cortante YY
MOMENTOS			
Momento flector máximo XX			
Momento flector máximo YY			

Fuente: Realizado en base a la secuencia de análisis.

4.1. Contrastación de hipótesis

Hipótesis específicas

Del análisis estático tenemos la fuerza cortante máxima en (XX) y la fuerza cortante máxima en (YY).

Tabla 10. 1. Fuerza cortante (t) dirección XX y dirección YY, análisis estático.

Piso	Fuerza Cortante (t) Dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	23.069	12.299	46,684
Piso	Fuerza cortante (t) dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	8,36	3.33	39,83

Del análisis dinámico espectral tenemos la fuerza cortante máxima en (XX) y la fuerza cortante máxima en (YY).

Tabla 10. 2. Fuerza cortante máxima en (XX) y en (YY), análisis espectral.

Piso	Fuerza cortante Máxima (t) Dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	18.02	9.452	47,572
Piso	Fuerza Cortante (t) Dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	8.36	3.33	60,167

La hipótesis específica (1) que indica “La inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia reduce las fuerzas actuantes en el marco estructural de la edificación social”. **Se cumple.**

Del análisis estático tenemos el momento flector máximo en (XX) y el momento flector máximo en (YY).

Tabla 10. 3. Momento flector máximo en (XX) y máximo en (YY), análisis estático.

Piso	Momento Flector (t) Dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	28.806	9.809	65,949
Piso	Momento Flector (t) Dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	7.837	6.29	18,980

Del análisis dinámico espectral tenemos el momento flector máximo en (XX) y el momento flector máximo en (YY).

Tabla 10. 4. Momento flector máximo en (XX) y máximo en (YY), análisis estático.

Piso	Momento Flector (t) Dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	25.415	7.31	71,204
Piso	Momento Flector (t) Dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	12.656	8.47	33,042

La hipótesis específica (2) que indica: “La inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia reduce los momentos actuantes en el marco estructural de la edificación social”. **Se cumple.**

Del análisis estático tenemos la fuerza axial máxima en (XX) y la fuerza axial máxima en (YY).

Tabla 10. 5. Fuerza axial máxima en (XX), y máxima en (YY), análisis estático.

Piso	Fuerza Axial Máxima (t) Dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	121.992	107.712	11,706
Piso	Fuerza Axial (t) Dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	109.633	96.722	11,777

Del análisis dinámico espectral tenemos la fuerza axial máxima en (XX) y la fuerza axial máxima en (YY).

Tabla 10. 6. Fuerza axial máxima en (XX), y máxima en (YY), análisis espectral.

Piso	Fuerza Axial (t) Dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	105.655	90.2615	14,570
Piso	Fuerza Axial (t) Dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	92.225	71.536	22,433

La hipótesis específica (3) que indica: “La inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia reduce los esfuerzos resultantes en el marco estructural de la edificación social”. **Se cumple.**

El desplazamiento de diseño del disipador es 8.74 cm, es decir en $x=6.86$ cm., y en $Y= 5.42$ cm., en ambos análisis estos valores están por debajo de la deformación impuesta por la norma.

El comportamiento del sistema disipador es el esperado ya que el desplazamiento máximo obtenido es óptimo, como se puede apreciar.

Tabla 10. 7. Del análisis estático - desplazamiento máximo.

Sismo X	Sismo Y
0.050915 m.	0.049385 m

Tabla 10. 8. Del análisis espectral - desplazamiento máximo.

Sismo X	Sismo Y
0.03443 m	0.03171 m

Del análisis estático, tenemos el desplazamiento del entrepiso en (XX) y el desplazamiento de entrepiso en (YY).

Tabla 10. 9. Desplazamiento del entrepiso en (XX) y en (YY), análisis estático.

Piso	Desplazamiento de Entrepiso (m) - dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	0.00442	0	100
2	0.01122	0.007395	34,091
3	0.01828	0.014875	18,605
4	0.02542	0.022355	12,040
5	0.03230	0.02958	8,421
Piso	Desplazamiento de Entrepiso (m)-Dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	0.0041	0.0000	100
2	0.0096	0.0058	39,823
3	0.0153	0.0116	23,889
4	0.0209	0.0174	16,667
5	0.0262	0.0230	12,338

Del análisis dinámico espectral, tenemos el desplazamiento del entrepiso en (XX) y el desplazamiento de entrepiso en (YY).

Tabla 10. 10. Desplazamiento del entrepiso en (XX) y en (YY), análisis espectral.

Piso	Desplazamiento de Entrepiso-(m) Dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	0.00332	0.00000	100
2	0.00833	0.00451	45,918
3	0.01369	0.00901	34,161
4	0.01896	0.01326	30,045
5	0.02406	0.01726	28,269
Piso	Desplazamiento de Entrepiso-(m) Dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	0.0027	0.0000	100
2	0.0065	0.0035	46,053
3	0.0103	0.0067	34,711
4	0.0139	0.0099	29,268
5	0.0174	0.0127	27,317

Del análisis estático, tenemos la deriva del entrepiso en (XX) y la deriva del entrepiso en (YY).

Tabla 10. 11. Deriva del entrepiso en (XX) y en (YY), análisis estático.

Piso	Deriva de Entrepiso Dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	0.0014	0.0000	100
2	0.0025	0.0023	6,897
3	0.0025	0.0024	3,448
4	0.0025	0.0024	3,448
5	0.0024	0.0023	3,571
Piso	Deriva de Entrepiso Dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	0.00250	0.00147	41,199
2	0.00208	0.00201	3,433
3	0.00210	0.00204	2,872
4	0.00204	0.00199	2,498
5	0.00193	0.00188	2,471

Del análisis dinámico espectral tenemos, la deriva del entrepiso en (XX) y la deriva del entrepiso en (YY).

Tabla 10. 12. Deriva del entrepiso en (XX) y en (YY), análisis espectral.

Piso	Deriva de Entrepiso (m) Dirección XX		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	0.001681	0.002332	-38,726
2	0.002491	0.002118	14,948
3	0.002559	0.002027	20,765
4	0.002489	0.001909	23,293
5	0.002344	0.001761	24,873
Piso	Deriva de Entrepiso (m) Dirección YY		
	Empotrado	Disipado	% Atenuación
1	0.001030	0.001654	-60,561
2	0.001420	0.001380	2,814
3	0.001441	0.001329	7,788
4	0.001421	0.001240	12,74
5	0.001359	0.001131	16,82

La hipótesis específica (4), que indica: “La inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, reduce los desplazamientos del marco estructural hipótesis específica”. **Se cumple.**

La hipótesis general que indica: “Mediante la inserción de los disipadores de energía sísmica metálicos de fluencia, se mejora significativamente el comportamiento estructural de edificaciones sociales”. Es decir la inserción de los DMDF, produce una reducción conjunta de las fuerzas, momentos, esfuerzos y desplazamientos y por lo tanto mejora significativamente la estructura. **Se cumple**, ver fig. 34.

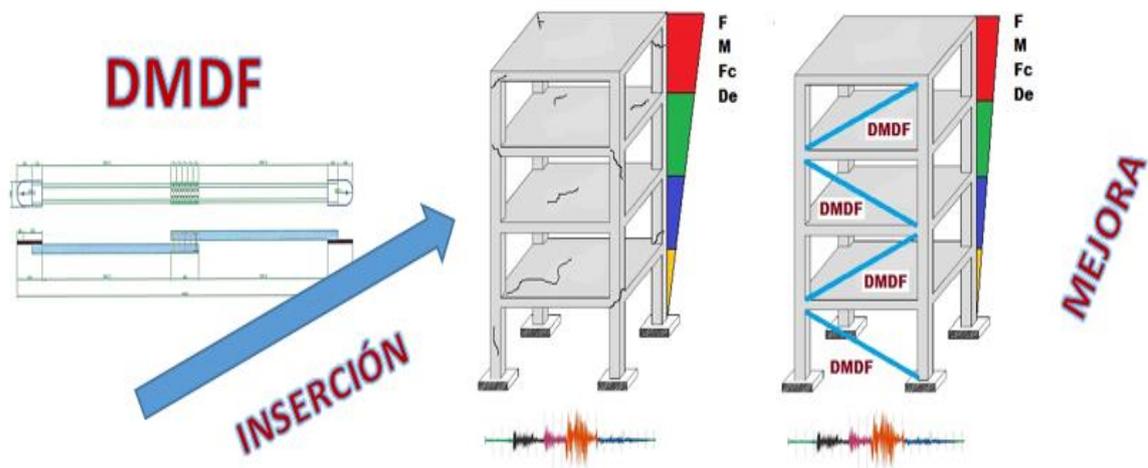


Figura 34. Reducción de parámetros fundamentales insertando el DMDF

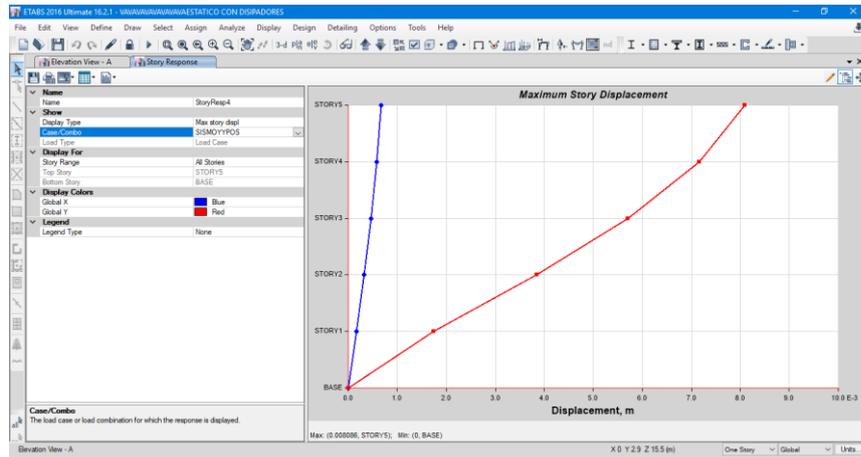
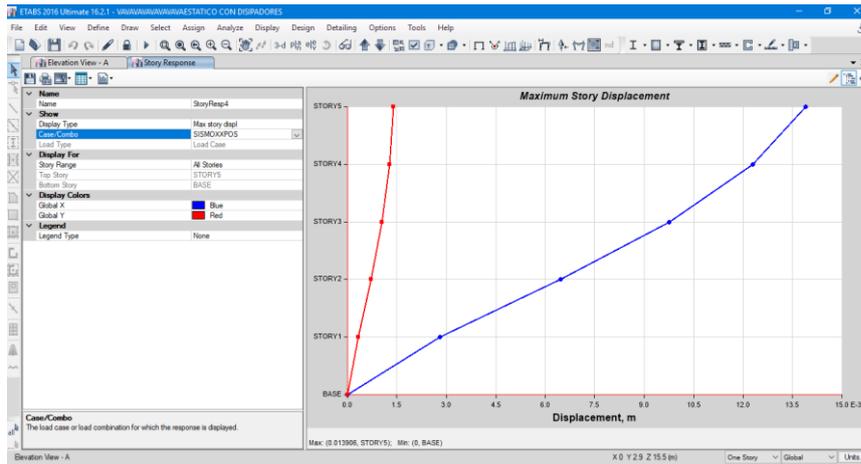
4.2. Análisis e interpretación

4.2.1. Resultados del Análisis Estático

Tabla 11. Desplazamiento del sistema disipado.

Sismo X	0.050915 m.
Sismo Y	0.049385 m.

Fuente: Realizado en base a resultados en Etabs.



Fuente: Realizado en base al análisis estructural en Etabs.

Figura 35. Desplazamiento máximo del sistema de disipación en la dirección del sismo en X e Y del sistema con disipadores.

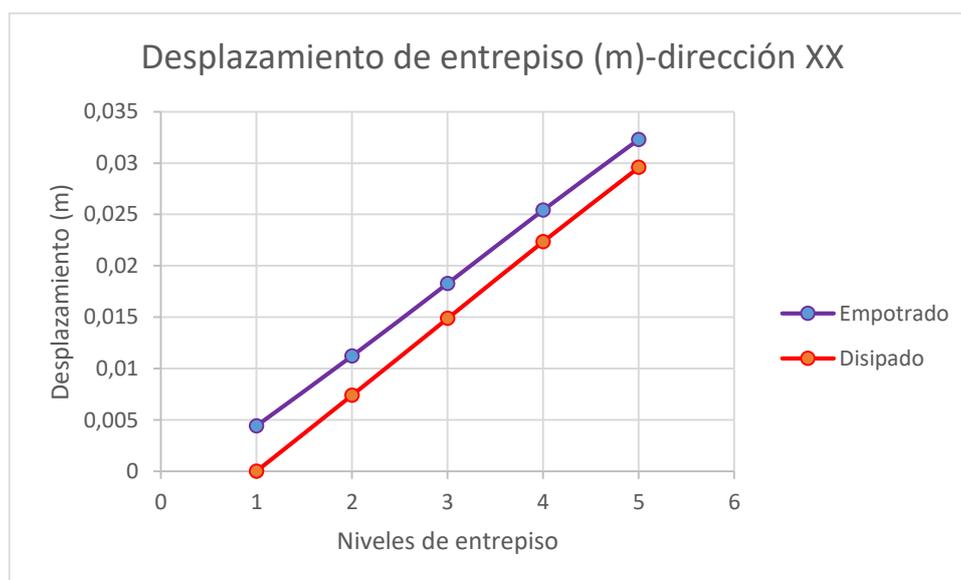
En la tabla 11, y la fig. 35 se muestra el desplazamiento máximo del sistema de disipación en la dirección del sismo en X e Y del sistema con disipadores metálicos de fluencia (MDF), determinadas mediante el análisis estático, este parámetro es importante para determinar si el desplazamiento se encuentra dentro del rango de diseño.

4.2.1.1. Desplazamientos

Tabla 12. Desplazamiento de Entrepiso (m) sismo actuando en la dirección X-X.

Piso	Desplazamiento de Entrepiso (m)	
	Empotrado	Disipado
1	0.00442	0
2	0.01122	0.00739
3	0.01828	0.01487
4	0.02542	0.02235
5	0.03230	0.02958

Fuente: Realizado en base a resultados en Etabs.



Fuente: Realizado en base a resultados en Etabs.

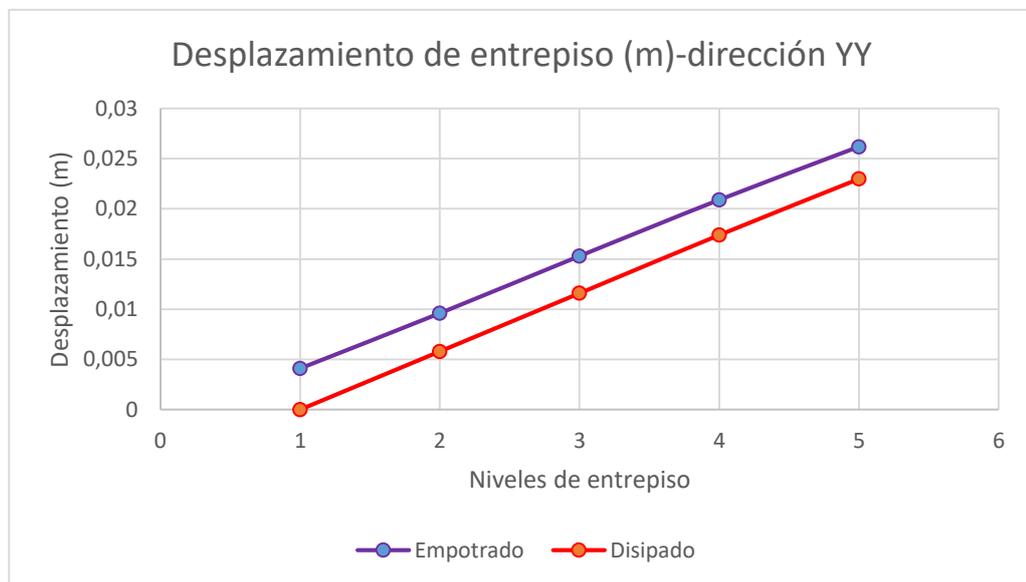
Figura 36. Desplazamientos generados por el sismo en la dirección del eje XX.

En la Tabla 12 y figura 36 se muestran los desplazamientos generados por el sismo en la dirección del Eje XX del edificio convencional empotrado que son mayores a los de la edificación disipada y los valores más altos se obtienen en el nivel N°5.

Tabla 13. Desplazamiento de entrepiso debido al sismo en la dirección Y-Y.

Piso	Desplazamiento de Entrepiso (m)	
	Empotrado	Disipado
1	0.0041	0.0000
2	0.0096	0.0058
3	0.0153	0.0116
4	0.0209	0.0174
5	0.0262	0.0230

Fuente: Realizado en base a los resultados en Etabs.



Fuente: Realizado en base a los resultados en Etabs.

Figura 37. Desplazamientos causados por el sismo actuando en la dirección del eje YY.

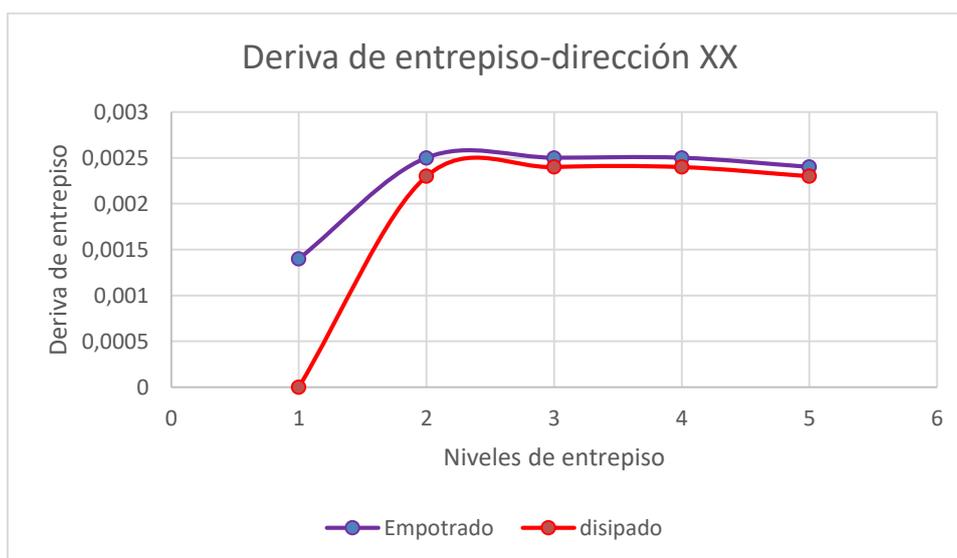
De la tabla 13 y figura 37 se muestran los desplazamientos generados por el sismo en la dirección del eje YY del edificio convencional empotrado que son mayores a los de la edificación disipada y los valores más altos se producen en el nivel N°5.

4.2.1.2. Derivas

Tabla 14. Deriva de entrepiso en la dirección X-X, debido al sismo en la dirección X-X.

Piso	Deriva de entrepiso dirección XX	
	Empotrado	disipado
1	0.0014	0.0000
2	0.0025	0.0023
3	0.0025	0.0024
4	0.0025	0.0024
5	0.0024	0.0023

Fuente: Realizado en base a los resultados en Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 14.

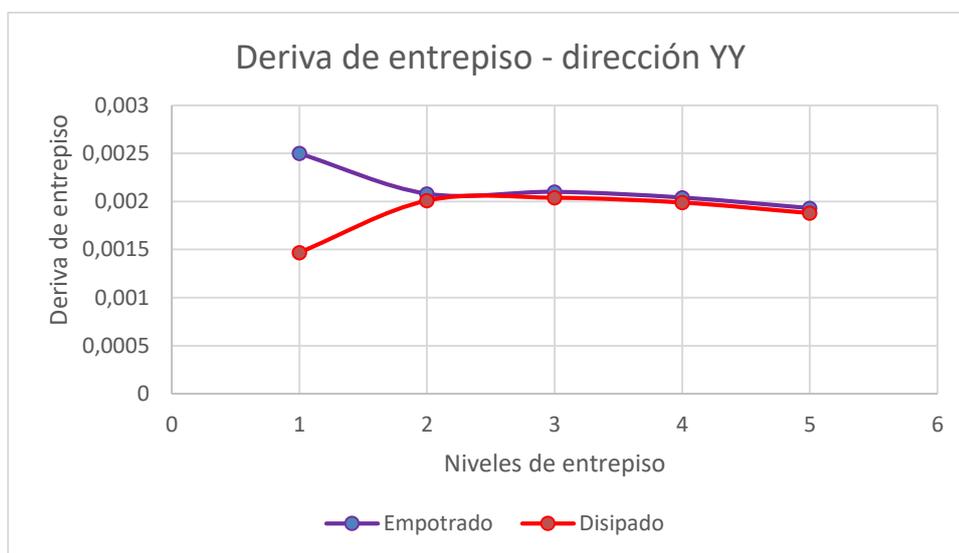
Figura 38. Derivas de los entrepisos generados por el sismo en la dirección del eje X-X

.La Tabla 14, y figura 38 muestra las derivas de los entrepisos generados por el sismo en la dirección del eje XX en el edificio convencional y disipado respectivamente, donde se muestra, que las derivas son mayores en el edificio convencional y los valores más altos se producen en el nivel N°5.

Tabla 15. Deriva de entrepiso en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.

Piso	Deriva de entrepiso dirección YY	
	Empotrado	Disipado
1	0.00250	0.00147
2	0.00208	0.00201
3	0.00210	0.00204
4	0.00204	0.00199
5	0.00193	0.00188

Fuente: Realizado en base a los resultados en Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 15.

Figura 39. Derivas de los entrepisos generados por el sismo en la dirección del eje YY.

La tabla 15 y figura 39, muestra las derivas de los entrepisos generados por el sismo en la dirección del eje YY en el edificio convencional y disipado, respectivamente donde se muestra que las derivas son mayores en el edificio convencional y los valores más altos se producen en el nivel N°1.

4.2.1.3. Fuerzas Internas

Tabla 16. Fuerza axial máxima (t) en la dirección X-X, sismo actuando en la dirección XX.

Piso	Fuerza axial máxima (t)		
	Empotrado	Disipado	% Variación
1	121.992	107.712	88.29%

Fuente: Realizado en base a los resultados en Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 16.

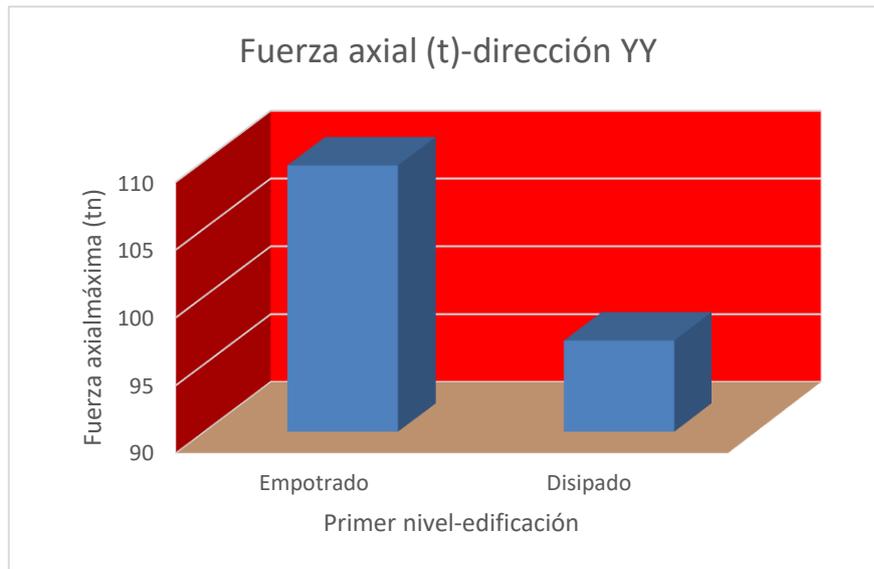
Figura 40. Muestra la fuerza axial máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X.

La tabla 16 y figura 40, muestra que la fuerza axial máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X., y se presenta en el edificio convencional empotrado en el nivel N°1.

Tabla 17. Fuerza axial máxima (t) en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.

Piso	Fuerza axial (t) dirección YY	
	Empotrado	Disipado
1	109.633	96.7215

Fuente: Realizado en base a los resultados en Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 17

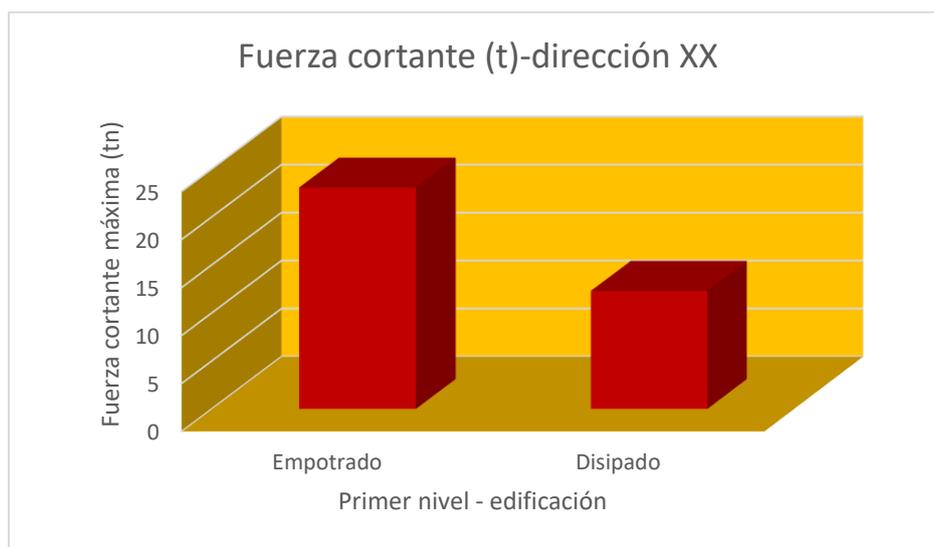
Figura 41. Fuerza axial máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje Y-Y.

La tabla 17, y figura 41, muestra que la fuerza axial máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje Y-Y se presenta en el edificio convencional empotrado en el nivel N°1.

Tabla 18. Fuerza cortante máxima (t) en la dirección X-X, sismo actuando en la dirección X-X.

Piso	Fuerza cortante (t) dirección XX	
	Empotrado	Disipado
1	23.069	12.2995

Fuente: Realizado en base a los resultados en Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 18.

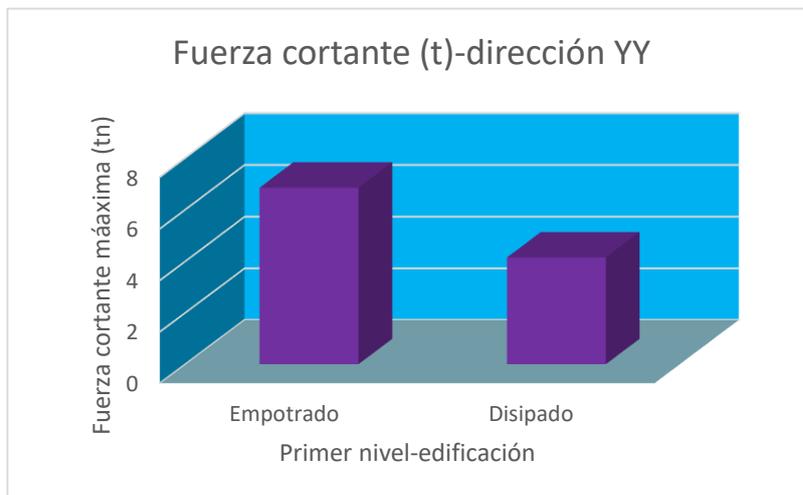
Figura 42. Muestra que fuerza cortante máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X.

La tabla 18 y figura 42, muestra que fuerza cortante máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X y se presenta en la edificación convencional empotrada en el nivel N°1.

Tabla 19. Fuerza cortante máxima (t) en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.

Piso	Fuerza cortante (t) dirección YY	
	Empotrado	Disipado
1	6.842525	4.148

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 19.

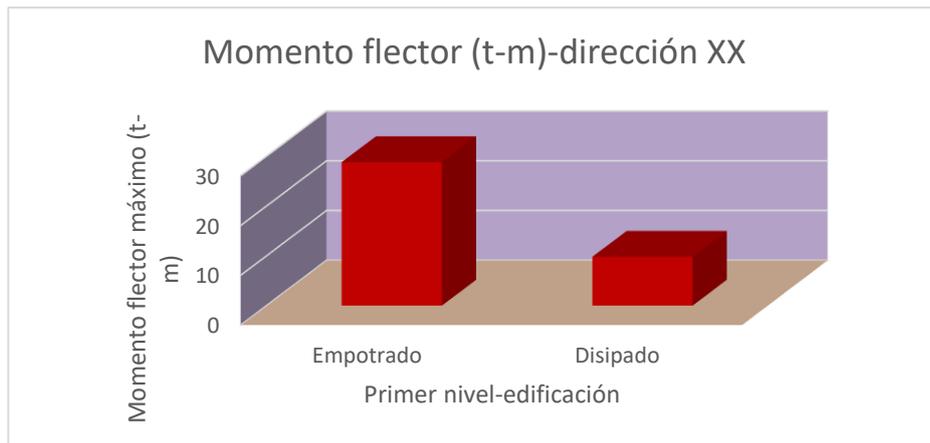
Figura 43. Muestra que fuerza cortante máxima generados en la edificación convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje Y-Y.

La tabla 19 y figura 43, muestra que fuerza cortante máxima generado en el edificio convencional y disipada por el sismo en la dirección del eje Y-Y., y se presenta en la edificación convencional empotrado en el nivel N°1.

Tabla 20. Momento flector máximo (t-m) en la dirección X-X., sismo actuando en la dirección X-X.

Piso	Momento flector (t-m) dirección XX	
	Empotrado	Disipado
1	28.8065	9.809

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 20.

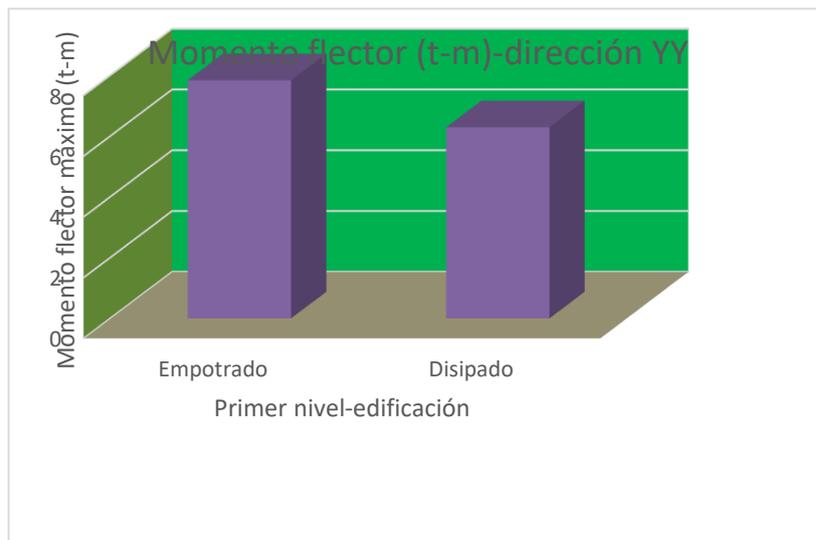
Figura 44. Muestra el momento flector máximo generado en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X.

La tabla 20 y figura 44, muestra que el momento flector máxima generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X se presenta en el edificio convencional empotrada en el nivel N°1.

Tabla 21. Momento flector máximo (t-m) en la dirección Y-Y sismo actuando en la dirección YY.

Piso	Momento flector (t-m) dirección YY	
	Empotrado	Disipado
1	7.837	6.29

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 21.

Figura 45. Muestra que el momento flector máximo generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección de eje Y-Y.

La tabla 21, y figura 45 muestra que el momento flector máximo, generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección de eje Y-Y se presenta en la edificación convencional empotrado en el nivel N°1.

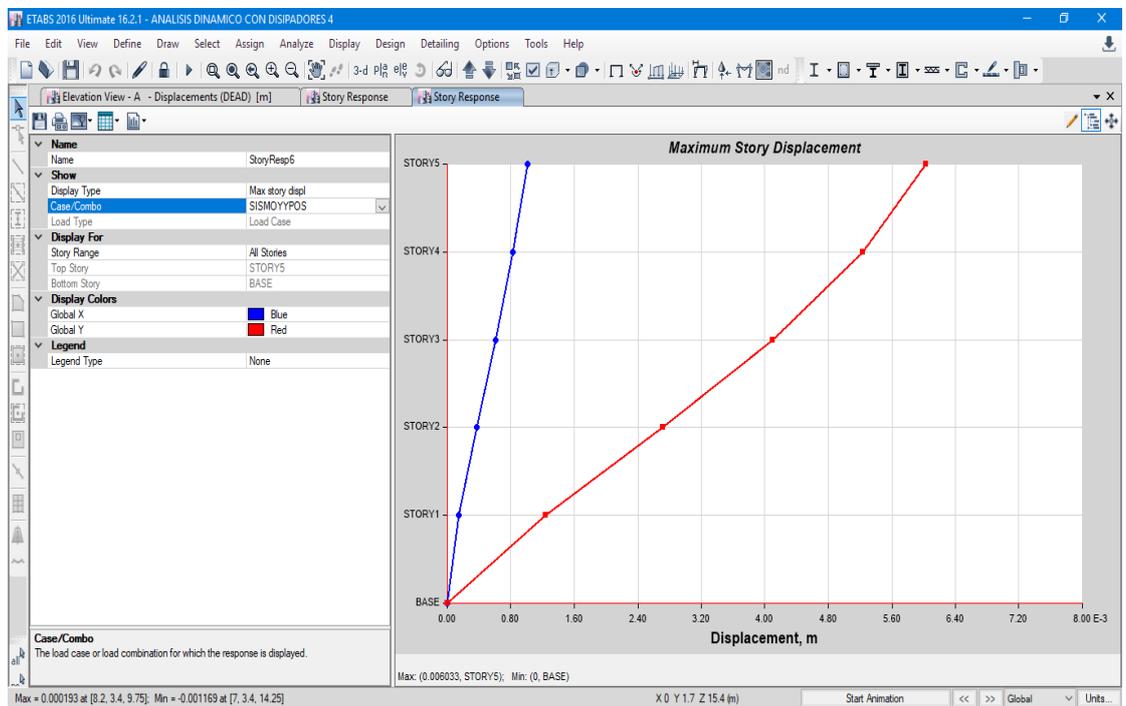
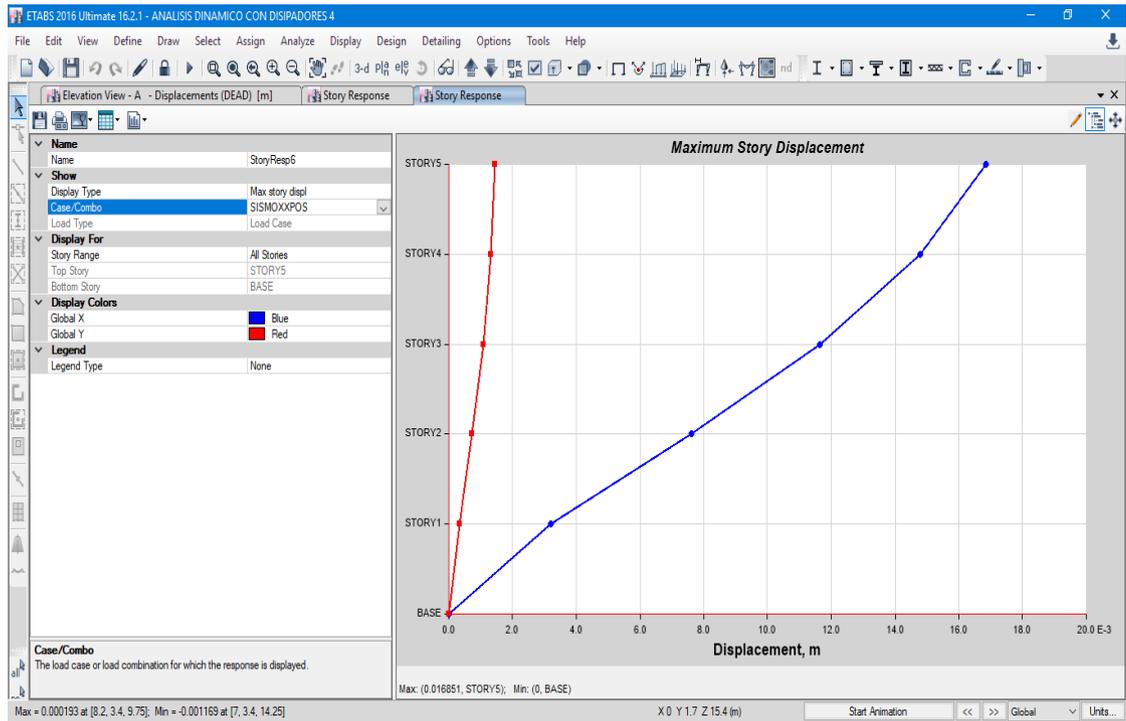
4.2.2. Resultados del análisis espectral

4.2.2.1. Desplazamientos

Tabla 22. Desplazamiento del sistema disipado.

Sismo X	0.03443 m
Sismo Y	0.03171 m.

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base al análisis estructural en Etabs.

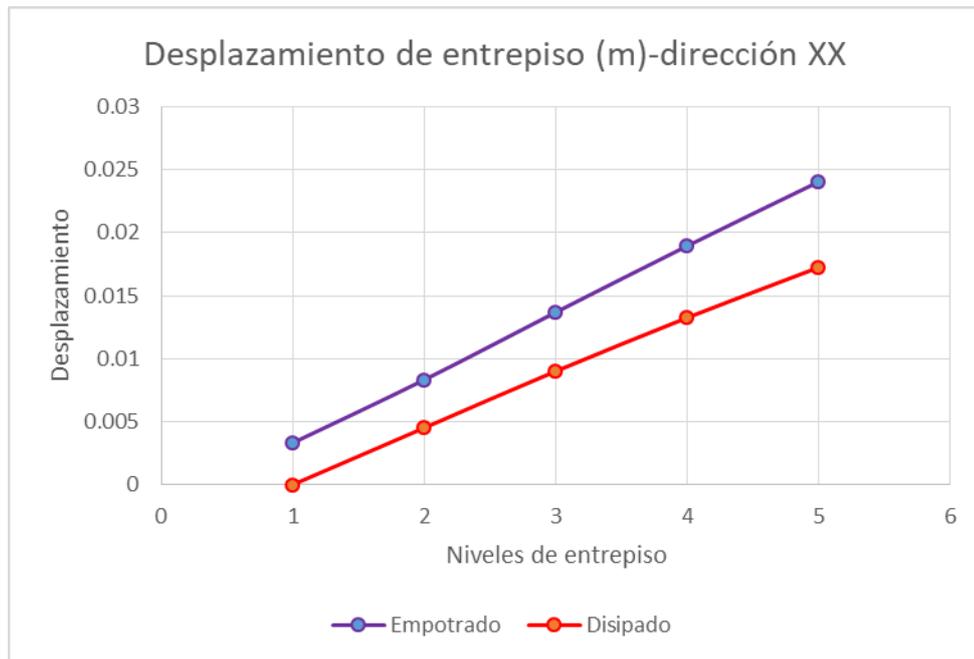
Figura 46. Desplazamiento máximo del sistema de disipación en la dirección del sismo en X e Y, determinadas mediante análisis espectral.

La tabla 22, y figura 46, muestra el desplazamiento máximo del sistema de disipación en la dirección del sismo en X e Y del sistema disipadores histeréticos de fluencia, determinadas mediante el análisis espectral.

Tabla 23. Desplazamiento de entrepiso (m) sismo actuando en la dirección X-X.

Piso	Desplazamiento de entrepiso	
	Empotrado	Disipado
1	0.00332	0.00000
2	0.00833	0.00451
3	0.01369	0.00901
4	0.01896	0.01326
5	0.02406	0.01726

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs



Fuente: Realizado en base a la tabla 23

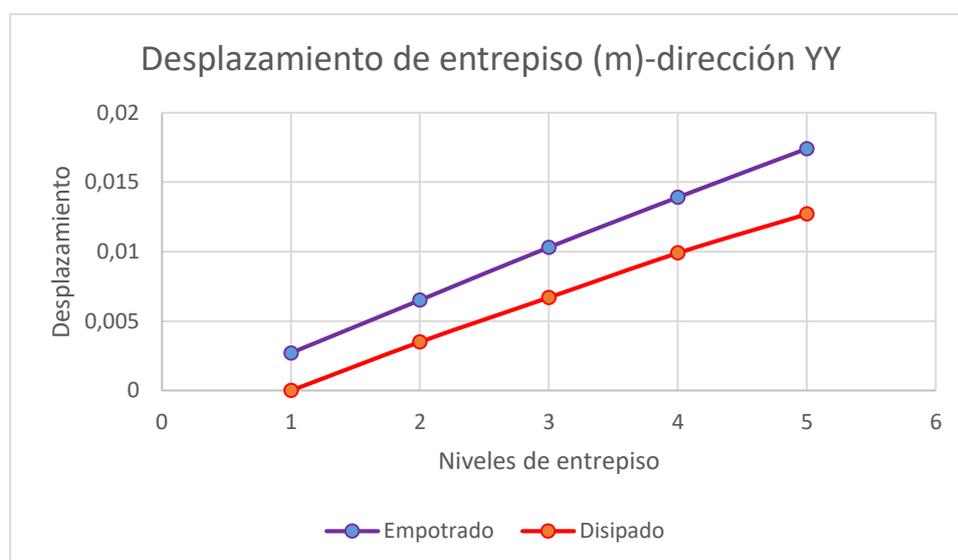
Figura 47. Muestra los desplazamientos generados por el sismo espectral en el edificio convencional en la dirección del Eje X-X.

La tabla 23 y figura 47, muestra los desplazamientos generados por el sismo espectral en el edificio convencional en la dirección del eje X-X, se muestra que son mayores a los del edificio disipado y los valores más altos se producen en el nivel N°5.

Tabla 24. Desplazamiento de entrepiso (m), sismo actuando en la dirección Y-Y.

Piso	Desplazamiento de entrepiso	
	Empotrado	Disipado
1	0.0027	0.0000
2	0.0065	0.0035
3	0.0103	0.0067
4	0.0139	0.0099
5	0.0174	0.0127

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 24.

Figura 48. Muestra el desplazamiento generados por el sismo espectral en el edificio convencional en la dirección del eje Y-Y.

La tabla 24 y figura 48, muestran los desplazamientos generados por el sismo espectral en el edificio convencional en la dirección del eje Y-Y, se muestra que son mayores a los

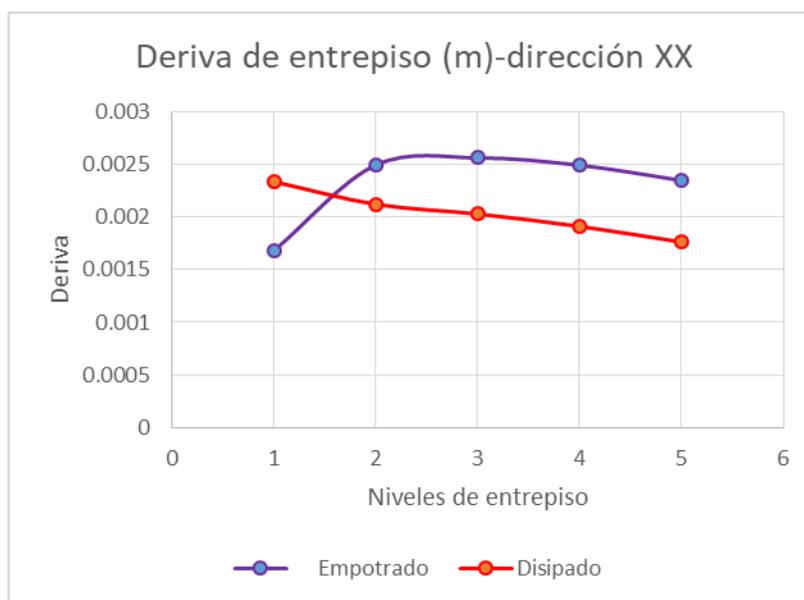
del edificio disipado y los valores más altos se producen en el nivel N°5.

4.2.2.2. Deriva de entrepiso

Tabla 25. Deriva de entrepiso la dirección X-X, sismo espectral actuando en la dirección X-X.

Piso	Deriva de entrepiso - dirección XX	
	Empotrado	Disipado
1	0.001681	0.002332
2	0.002491	0.002118
3	0.002559	0.002027
4	0.002489	0.001909
5	0.002344	0.001761

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 25

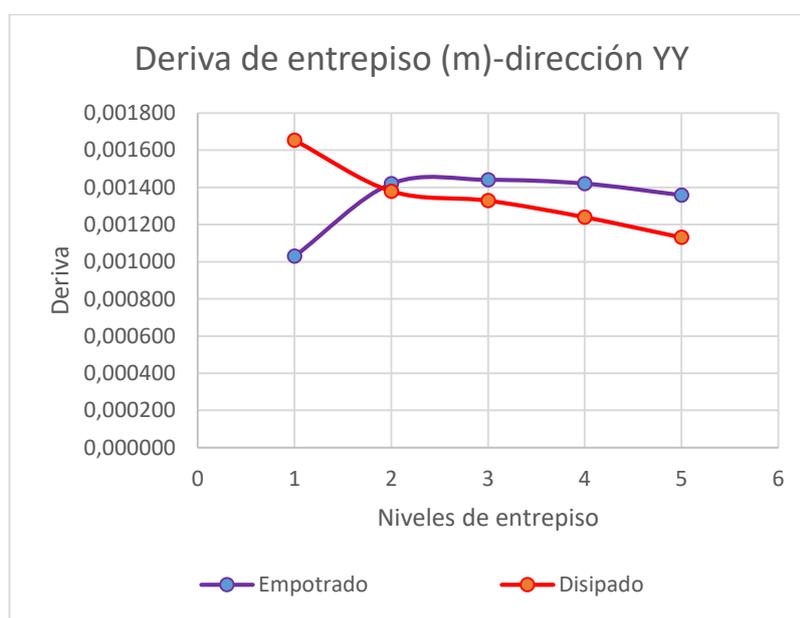
Figura 49. Muestra las derivas de los entrepisos generados en el edificio convencional y disipado, por el sismo en la dirección del eje X-X.

La tabla 25 y figura 49., muestra las derivas de los entrepisos generados en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje X-X, además las derivas son mayores en el edificio convencional y los valores más altos se producen en el nivel N°2.

Tabla 26. Deriva de entrepiso la dirección YY, sismo espectral en la dirección YY.

Piso	Deriva de entrepiso - dirección YY	
	Empotrado	Disipado
1	0.001030	0.001654
2	0.001420	0.001380
3	0.001441	0.001329
4	0.001421	0.001240
5	0.001359	0.001131

Fuente: Realizado en base a resultados Etabs



Fuente: Realizado en base a la tabla 26.

Figura 50. Muestra las derivas de los entrepisos producidos en el edificio convencional y disipado por el sismo actuando en la dirección del eje Y-Y.

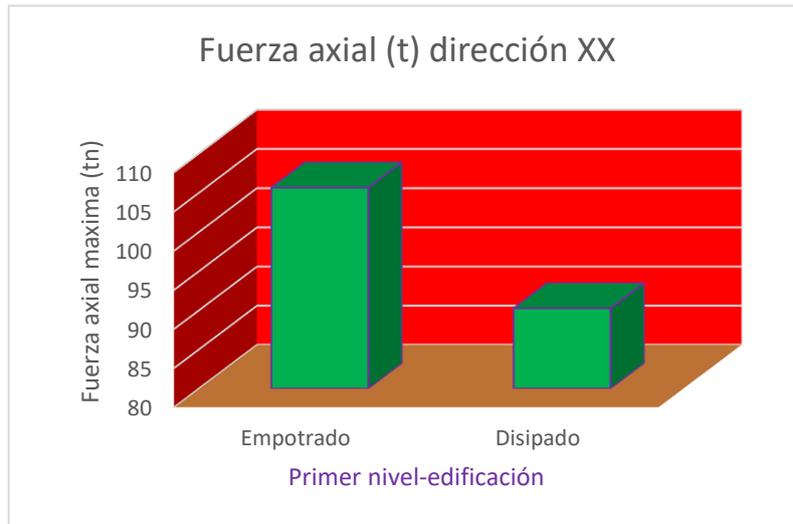
La tabla 26, y figura 50, muestra las derivas de los entrepisos producidos en el edificio convencional y disipado por el sismo en la dirección del eje Y-Y, se observa que las derivas son mayores en el edificio convencional y los valores más altos se producen en el nivel N°2.

4.2.2.3. Fuerzas Internas

Tabla 27. Fuerza axial máxima (t) en la dirección X-X, sismo actuando en la dirección X-X.

Piso	Fuerza axial (t) dirección XX	
	Empotrado	Disipado
1	105.655	90.2615

Fuente: Realizado en base a resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 27.

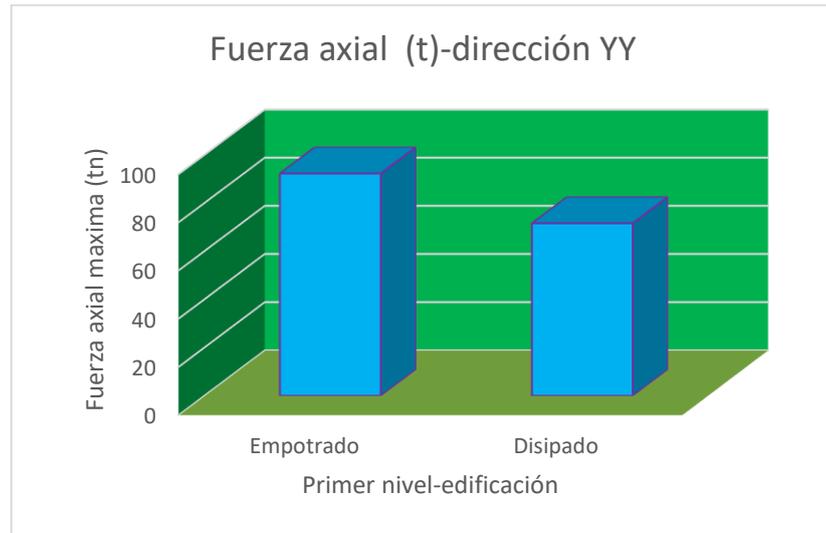
Figura 51. Fuerza axial máxima se produce en el edificio convencional empotrado.

En la tabla 27 y figura 51, se muestra que la fuerza axial máxima se genera en el edificio convencional empotrado.

Tabla 28. Fuerza axial máxima (t) en la dirección Y-Y., sismo actuando en la dirección Y-Y.

Piso	Fuerza axial (t) dirección YY	
	Empotrado	Disipado
1	92.225	71.536

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 28.

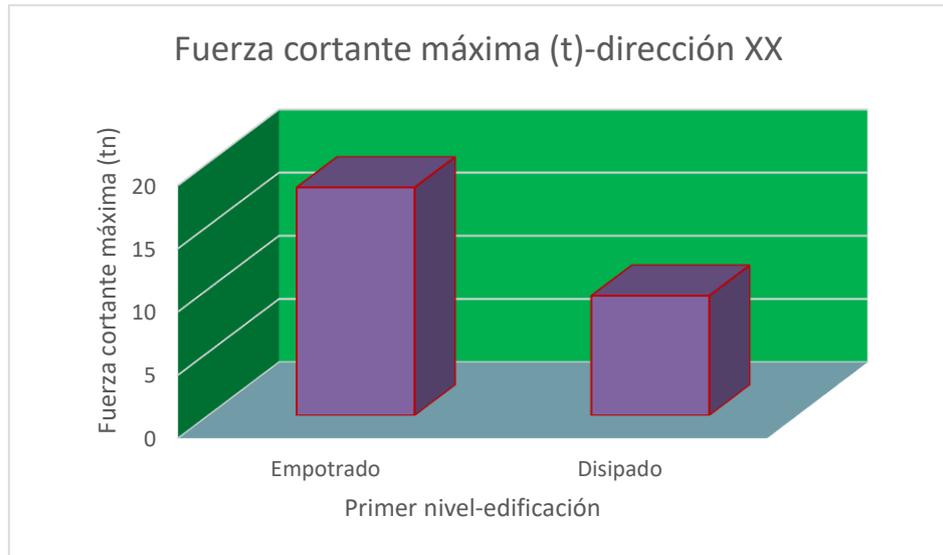
Figura 52. Fuerza axial máxima se genera en el edificio empotrado.

En la tabla 28 y figura 52, se muestra que la fuerza axial máxima se genera en el edificio empotrado.

Tabla 29. Fuerza cortante máxima (t) en la dirección XX debido al sismo en la dirección XX.

Piso	Fuerza cortante máxima (t) dirección XX	
	Empotrado	Disipado
1	18.0285	9.452

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 29.

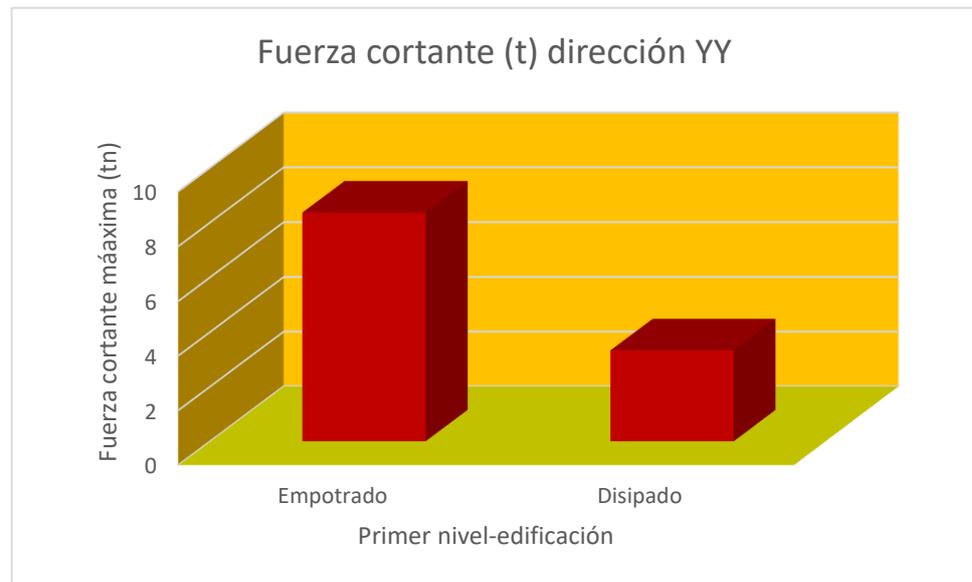
Figura 53. Fuerza cortante máxima se genera en el edificio empotrado

En la tabla 29 y figura 53 se muestra que la fuerza cortante máxima se genera en el edificio empotrado.

Tabla 30. Fuerza cortante máxima (t) en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.

Piso	Fuerza cortante (t) dirección YY	
	Empotrado	Disipado
1	8.364	3.332

Fuente: Realizado en base a los resultados en Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 30.

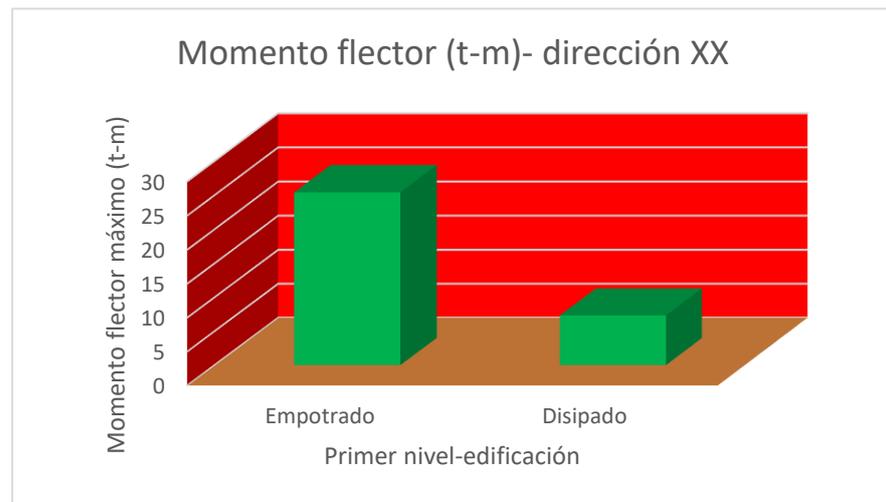
Figura 54. Fuerza cortante máxima, se genera en el edificio convencional empotrado.

En la tabla 30 y figura 54, se muestra que la fuerza cortante máxima se genera en el edificio convencional empotrado.

Tabla 31. El momento flector máximo (t-m) en la dirección X-X, sismo actuando en la dirección X-X.

Piso	Momento flector (t-m) dirección XX	
	Empotrado	Disipado
1	25.415	7.3185

Fuente: Realizado en base a los resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 31.

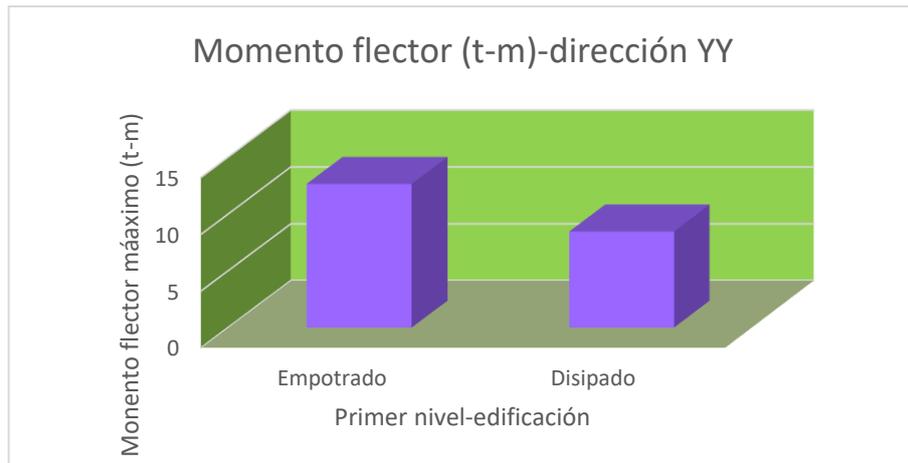
Figura 55. Momento flector máximo se genera en el edificio convencional empotrado.

En la tabla 31 y figura 55, se muestra que el momento flector máximo se genera en el edificio convencional empotrado.

Tabla 32. El momento flector máximo (t-m) en la dirección Y-Y, sismo actuando en la dirección Y-Y.

Piso	Momento flector (t) dirección YY	
	Empotrado	Disipado
1	12.6565	8.4745

Fuente: Realizado en base a resultados Etabs.



Fuente: Realizado en base a la tabla 32.

Figura 56. Momento flector máximo se genera en el edificio convencional empotrado.

En la tabla 32 y figura 56, se muestra que el momento flector máximo, y se genera en el edificio convencional empotrado.

4.2.3. Periodo de Vibración

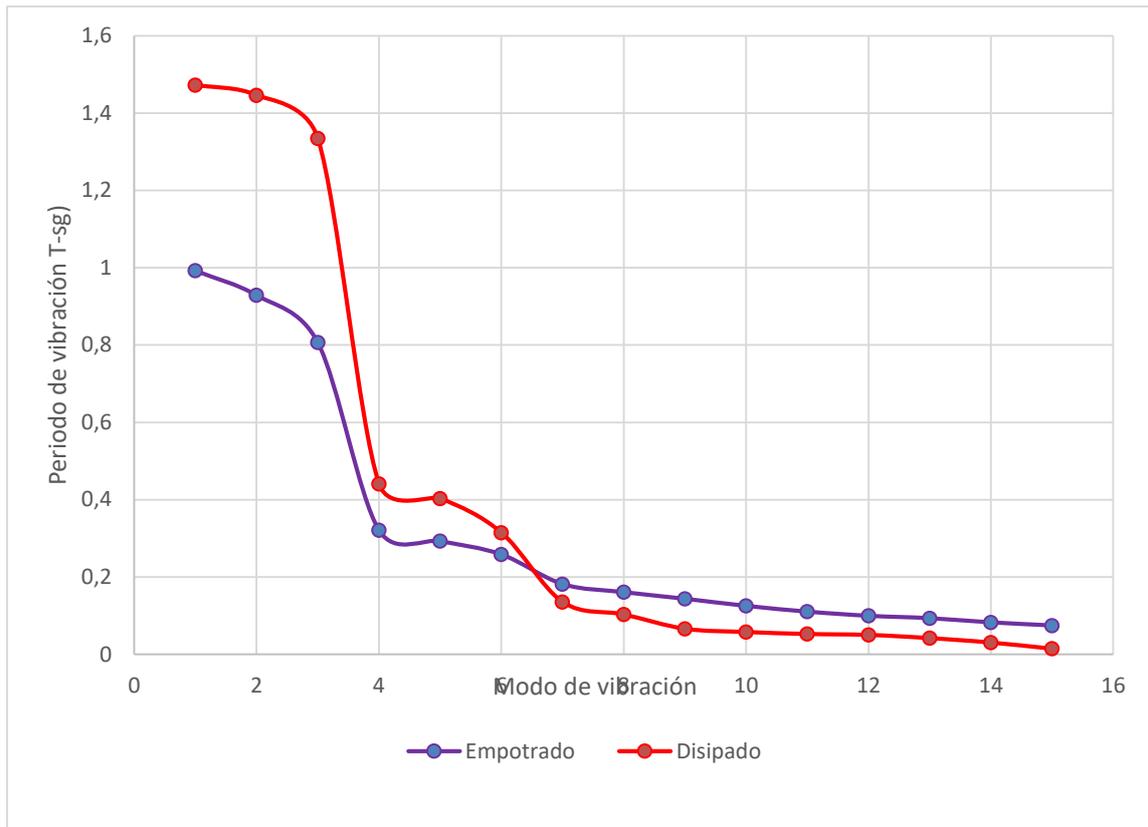
En la tabla 33, observamos que el período fundamental de la estructura con el sistema disipador-difusor corresponde a 1.4729 segundos.

Tabla 33. Periodos de vibración de la estructura.

n Mode	Periodo de vibración	
	Empotrado	Disipado
1	0.9928	1.4729
2	0.9289	1.4462
3	0.8067	1.3347
4	0.3209	0.4411
5	0.2928	0.4033
6	0.2583	0.3149
7	0.1817	0.1355
8	0.1607	0.1031
9	0.1436	0.066
10	0.1252	0.0577
11	0.1103	0.0525
12	0.0995	0.0501
13	0.0933	0.0418
14	0.0825	0.0304
15	0.0746	0.0144

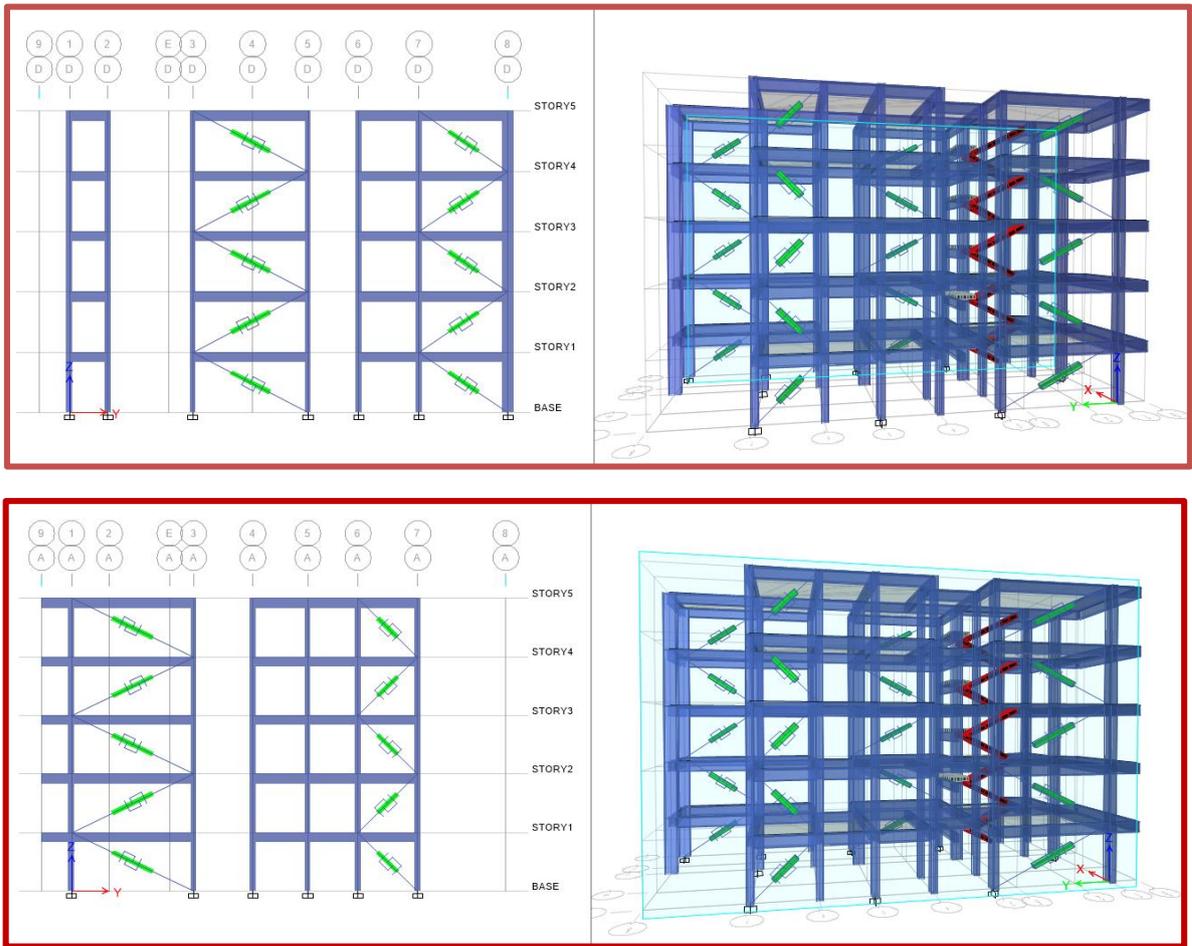
Fuente: Realizado en base a los resultados en Etabs.

En la tabla 33 y figura 57, observamos que el período fundamental de la estructura del edificio convencional empotrado corresponde a 0.9928 segundos y el período fundamental de la estructura del edificio que incluye el sistema de disipación metálico de fluencia DMF, corresponde a 1.4729 segundos.



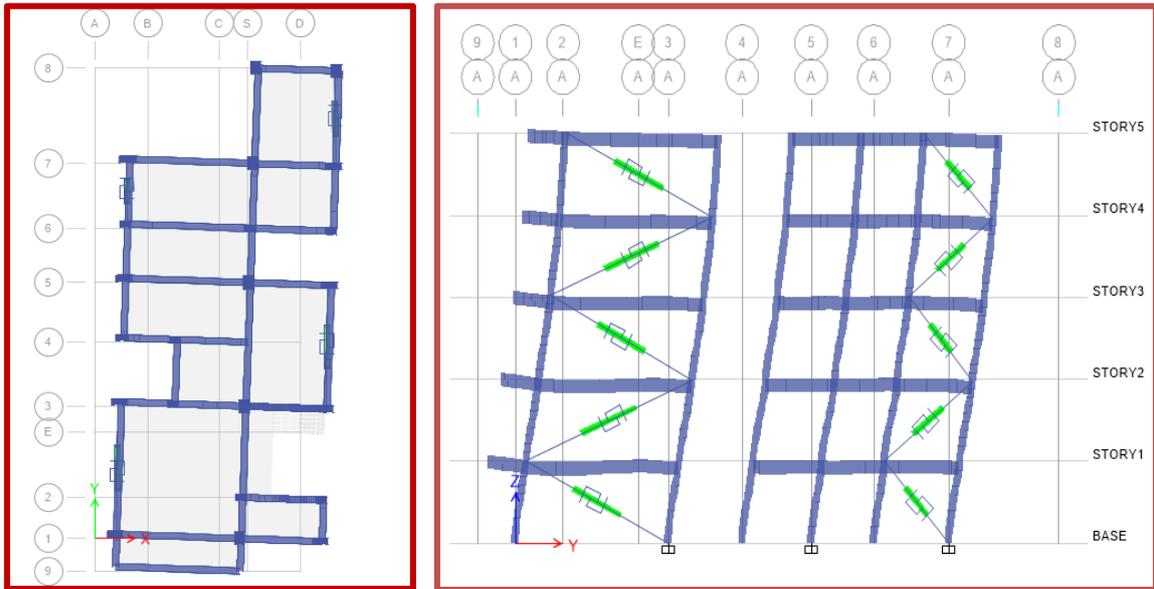
Fuente: Realizado en base al análisis espectral.

Figura 57. Periodos de vibración



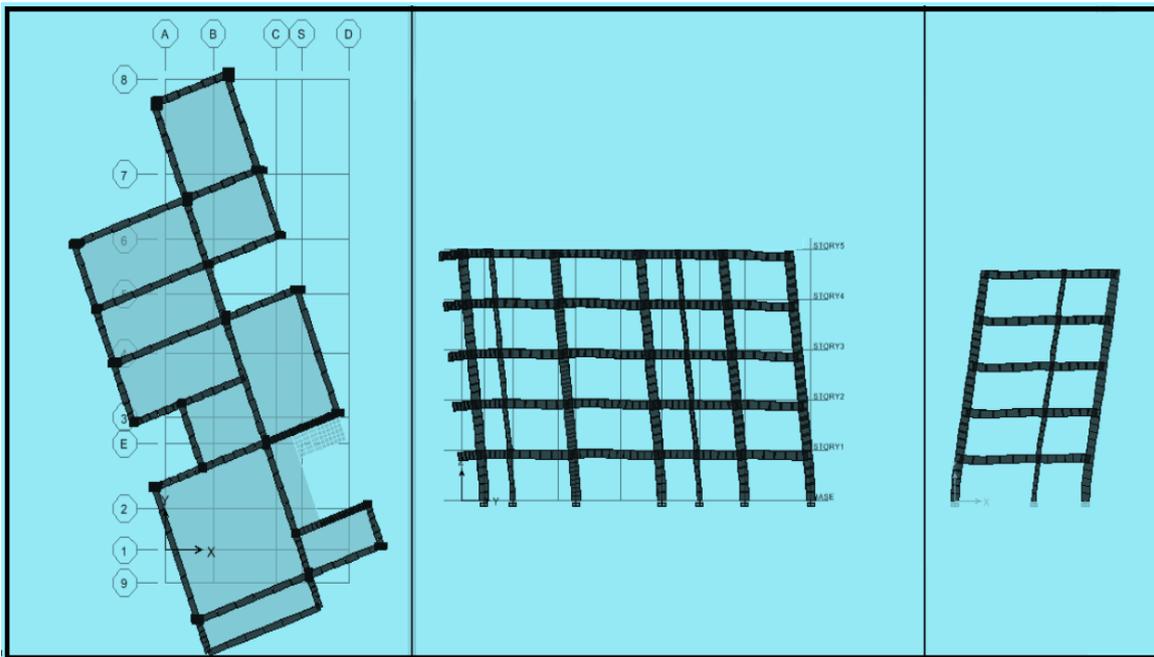
Fuente: Realizado en base al análisis en Etabs

Figura 58. Ubicación de los disipadores mecánicos de fluencia DMF, en el edificio.



Fuente: Realizado en base al análisis de resultados en Etabs.

Figura 59. Modo de vibración fundamental N°01 de la edificación disipada.



Fuente: Realizado en base al análisis de resultados en Etabs.

Figura 60. Modo de vibración fundamental N°01 de la edificación convencional empotrada.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Discusión

❖ El desplazamiento máximo del sistema de disipación en la dirección del sismo en X e Y del sistema de disipación de fluencia, determinadas mediante el análisis estático y dinámico espectral son las que se muestran en las tabla 11 y tabla 22, donde se puede apreciar que los desplazamientos tanto en la dirección X como Y se encuentran por debajo del desplazamiento máximo esperado 8.74 cm, pero en todos los casos por debajo la deformación impuesta por la norma, por lo cual se puede afirmar que el sistema de disipación cumple con el objetivo, es decir responde de buena manera ante el peor escenario sísmico en análisis. Este desplazamiento de los elementos de cada nivel, es la que permite disipar la energía que entrega el sismo, en el caso del edificio disipado ocurre en los niveles de disipación.

El comportamiento del sistema disipador es el esperado ya que el desplazamiento máximo obtenido es óptimo, como se puede apreciar.

De la tabla 11: Análisis estático

Sismo X	Sismo Y
0.050915 m.	0.049385 m

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

De la tabla 22: análisis espectral

Sismo X	Sismo Y
0.03443 m	0.03171 m

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

❖ De la tabla 12, figura 35, tabla 13 y figura 36 se muestran los desplazamientos máximos producidos por el sismo en la dirección del eje XX y el eje YY siendo estas de 0.0323m y de 0.02958m para la edificación empotrada y la edificación empotrada respectivamente, de la tabla 14 y figura 37, la tabla 15 y figura 38, se muestran las derivas máximas producidos por el sismo en la dirección del eje XX y eje YY de la edificación empotrada y de la edificación disipada siendo estas 0.0025 y 0.0024, se puede apreciar que para todos los casos la deriva no supera los límites para la distorsión del entrepiso establecidos por la norma E.030 diseño sismorresistente de 0.007.

De la tabla 12: Desplazamiento de entrepiso- cumple

Piso	Desplazamiento de Entrepiso (m) - dirección XX			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	0.00442	0	100	0,000
2	0.01122	0.007395	34,091	65,909
3	0.01828	0.014875	18,605	81,395
4	0.02542	0.022355	12,040	87,960
5	0.03230	0.02958	8,421	91,579

Fuente: Realizado en base análisis de resultados (ETABS)

De la tabla 13: Desplazamiento de entrepiso- cumple

Piso	Desplazamiento de Entrepiso (m)-Dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	0.0041	0.0000	100	0,000
2	0.0096	0.0058	39,823	60,177
3	0.0153	0.0116	23,889	76,111
4	0.0209	0.0174	16,667	83,333
5	0.0262	0.0230	12,338	87,662

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

De la tabla 14: Deriva de entrepiso-cumple

Piso	Deriva de Entrepiso Dirección XX			
	Empotrado	disipado	% Atenuación	% Variación
1	0.0014	0.0000	100	0,000
2	0.0025	0.0023	6,897	93,103
3	0.0025	0.0024	3,448	96,552
4	0.0025	0.0024	3,448	96,552
5	0.0024	0.0023	3,571	96,429

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

De la tabla 15: Deriva de entrepiso-cumple

Piso	Deriva de Entrepiso Dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	0.00250	0.00147	41,199	58,801
2	0.00208	0.00201	3,433	96,567
3	0.00210	0.00204	2,872	97,128
4	0.00204	0.00199	2,498	97,502
5	0.00193	0.00188	2,471	97,529

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

❖ De la tabla 23, figura 46, tabla 24 y figura 47 se muestran los desplazamientos máximos producidos por el sismo en la dirección del eje XX y el eje YY siendo estas de 0.02406 m y de 0.01726 m para la edificación empotrada y la edificación empotrada respectivamente de la tabla 25 y figura 48 la tabla 26 y figura 49 se muestra las derivas máximas producidos por el sismo en la dirección del eje XX y eje YY de la edificación convencional empotrada y de la edificación disipada son

0.0030 y 0.0027, se puede apreciar que para todos los casos la deriva no supera los límites para la distorsión del entrepiso establecidos por la Norma E.030 diseño sismorresistente de 0.007.



De la tabla 23: Desplazamiento entrepiso-cumple

Piso	Desplazamiento de Entrepiso-(m) Dirección XX			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	%Variación
1	0.00332	0.00000	100	0,000
2	0.00833	0.00451	45,918	54,082
3	0.01369	0.00901	34,161	65,839
4	0.01896	0.01326	30,045	69,955
5	0.02406	0.01726	28,269	71,731

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

De la tabla 24: Desplazamiento entrepiso-cumple

Piso	Desplazamiento de Entrepiso-(m) Dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	%Variación
1	0.0027	0.0000	100	0,000
2	0.0065	0.0035	46,053	53,947
3	0.0103	0.0067	34,711	65,289
4	0.0139	0.0099	29,268	70,732
5	0.0174	0.0127	27,317	72,683

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

De la tabla 25: deriva de entrepiso cumple

Piso	Deriva de Entrepiso (m) Dirección XX			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	%Variación
1	0.001681	0.002332	-38,726	138,726
2	0.002491	0.002118	14,948	85,052
3	0.002559	0.002027	20,765	79,235
4	0.002489	0.001909	23,293	76,707
5	0.002344	0.001761	24,873	75,127

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

De la tabla 26: Deriva de entrepiso cumple

Piso	Deriva de Entrepiso (m) Dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	0.001030	0.001654	-60,561	160,561
2	0.001420	0.001380	2,814	97,186
3	0.001441	0.001329	7,788	92,212
4	0.001421	0.001240	12,74	87,261
5	0.001359	0.001131	16,82	83,177

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

❖ El desplazamiento de entrepiso es un parámetro importante de diseño debido a que está relacionado de manera muy directa con el daño a elementos estructurales y no estructurales, por lo tanto, su eficiencia en este aspecto se transmite en una mayor protección sobre la estructura. Por todo esto nuestro sistema de disipación es eficaz pues la superestructura no presenta grandes desplazamientos relativos.

❖ La tabla 16 y figura 39 muestra que la fuerza axial máxima debido al sismo en la dirección del eje XX se produce en la edificación convencional con 121.992 t. y disipada con 107.712 t. con una reducción de 11.71%. Por otro lado la tabla 17 y figura 40 muestra que la fuerza axial máxima debido al sismo en la dirección del eje YY se produce en la edificación convencional con 109.633 t y disipada con 96.722 t. con una reducción de 11.77%. Por otro lado,

De la tabla 16: Fuerzas internas-cumple

Piso	Fuerza Axial Máxima (t) Dirección XX			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	121.992	107.712	11,706	88,294

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

De la tabla 17: Fuerzas internas-cumple

Piso	Fuerza Axial (t) Dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	109.633	96.722	11,777	88,223

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

❖ En la tabla 27 y figura 50 se muestra que la fuerza axial máxima producida por el sismo espectral en la dirección del eje XX, se producen en nivel de entrepiso N°01 cuyo valor que en la edificación convencional es de 105.655 t. y en la disipada 90.262 t. produciéndose una reducción de 14.57%.

De la tabla 27: Fuerzas internas-cumple

Piso	Fuerza Axial (t) Dirección XX			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	105.655	90.2615	14,570	85,430

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

❖ En la tabla 28 y figura 51 se muestra que la fuerza axial máxima producido por el sismo espectral en la dirección del eje YY, se producen en nivel de entrepiso N°01 cuyo valor que en la edificación convencional es de 92.225 t. y en la disipada 71.536 t. produciéndose una reducción de 14.69%.

De la tabla 28: Fuerzas internas-cumple

Piso	Fuerza Axial (t) Dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	92.225	71.536	22,433	77,567

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

- ❖ La tabla 18 y figura 41, muestra que la fuerza cortante máxima debido al sismo en la dirección del eje XX se produce en la edificación convencional con 23.069 t. y en la disipada 12.299 t. produciéndose una reducción de 46.68%.

De la tabla 18: Fuerzas internas-cumple

Piso	Fuerza Cortante (t) Dirección XX			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	23.069	12.299	46,684	53,316

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

- ❖ La tabla 30 y figura 53 muestra que la fuerza cortante máxima debido al sismo en la dirección del eje YY se produce en la edificación convencional con 8.36 t. y en la disipada con 3.33 t. produciéndose una reducción de 39.83%.

De la tabla 30: Fuerzas internas-cumple

Piso	Fuerza cortante (t) dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	8,36	3,33	39,83	60,17

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

- ❖ La tabla 29 y figura 52 muestra que la fuerza cortante máxima producido por el sismo en la dirección del eje XX, se producen en nivel de entrepiso N°01 cuyo valor que en la edificación convencional es de 18.02 t. y en la disipada 9.452 t. produciéndose una reducción de 47.57%.

De la tabla 29: Fuerzas internas-cumple

Piso	Fuerza cortante Máxima (t) Dirección XX			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	%Variación
1	18.02	9.452	47,572	52,428

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

- ❖ La tabla 30 y figura 53 muestra que la fuerza cortante máxima producido por el sismo en la dirección del eje YY, se producen en nivel de entrepiso N°01 cuyo valor que en la edificación convencional es de 8.36 t. y en la disipada 3.33 t. produciéndose una reducción de 60.167%.

De la tabla 30: Fuerzas internas-cumple

Piso	Fuerza Cortante (t) Dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	%Variación
1	8.36	3.33	60,167	39,833

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

- ❖ La tabla 20 y figura 43 muestra que el momento flector máxima de 28.806 tn. producidos en la edificación convencional y 9.809 t. en la edificación disipada producida por el sismo en la dirección del eje XX cuya valor máximo se produce en la edificación convencional empotrada en el nivel N°1, produciéndose una reducción del 46.68%.

De la tabla 20: Fuerzas internas-cumple

Piso	Momento Flector (t) Dirección XX			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	%Variación
1	28.806	9.809	65,949	34,051

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

- ❖ La tabla 21 y figura 44 muestra que el momento flector máxima producidos en la edificación convencional es de 7.837 t. y en disipada 6.29 t. por el sismo en la dirección del

eje YY, cuyo valor máximo se produce en la edificación convencional empotrada en el nivel N°1, produciéndose una reducción del 18.98%.

De la tabla 21: Fuerzas internas-cumple

Piso	Momento Flector (t) Dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	7.837	6.29	18,980	81,020

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

❖ La tabla 31 y figura 54 muestra que el momento flector máxima producido por el sismo en la dirección del eje XX, se producen en nivel de entrepiso N°01 cuyo valor que en la edificación convencional es de 25.415 t. y en la disipada 7.31 t. produciéndose una reducción de 71.20%.

De la tabla 31: Fuerzas internas-cumple

Piso	Momento Flector (t) Dirección XX			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	25.415	7.31	71,204	28,796

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

❖ La Tabla 32 y figura 55 Muestra que el Momento Flector Máxima producido por el sismo en la Dirección del Eje YY, se producen en nivel de entrepiso N°01 cuyo valor que en la edificación convencional es de 12.656 t. y en la disipada 8.47 t. produciéndose una reducción de 33.04%.

De la tabla 32: Fuerzas internas-cumple

Piso	Momento Flector (t) Dirección YY			
	Empotrado	Disipado	% Atenuación	% Variación
1	12.656	8.47	33,042	66,958

Fuente: Realizado en base al análisis de resultados (ETABS)

En la tabla 33 y figura 56, observamos que el período fundamental de la estructura convencional empotrada corresponde a 0.9928 segundos y el período fundamental de la estructura con el sistema de disipación corresponde a 1.4729 segundos. De las formas modales se demuestra que la flexibilización ocurre prácticamente en el sistema de disipación, aumentando el periodo fundamental del edificio disipado a 32.60% con respecto al convencional; por otro lado se muestra que los periodos menos representativos son del uno al tres que son bastante cercanos.

Podemos apreciar que el período fundamental de la estructura convencional corresponde a 0.998 segundos, lo que todavía corresponde a una estructura rígida; de la participación modal observamos que el modo primero ocurre en X, debido a que U_x es mayor que U_y y R_z . El segundo período más importante es de 0.9289 y tiene mayor participación en Y; finalmente el tercer período es de 0.8067 y tiene una mayor participación modal en Y.

El período fundamental de la estructura disipada corresponde a 1.4729 y cuya participación modal es de 97.5233 y que el primer modo ocurre en X, debido a que U_x es mayor que U_y , y R_z . El segundo período más importante es de 1.4462 s y tiene mayor participación en Y; finalmente el tercer período es de 1.3347 s y tiene una mayor participación modal en Z, lo que indica que es un modo torsional, se puede

observar que los períodos disipados corresponden a los tres primeros en que éstos corresponden a la casi totalidad de la respuesta, ya que los modos posteriores no tienen mucha relevancia en el movimiento de la estructura, además es importante destacar que los dos períodos traslacionales son muy idénticos, lo cual es muy característico de estructuras que cuentan con un sistema de disipación siendo su relación de prácticamente 1 y que el período torsional solo difiere levemente de los períodos traslacionales siendo su relación 1.046 que es cercana a 1, que es lo ideal, esto refleja en general una buena distribución de los disipadores.

5.2. Conclusiones

- 1.- Los disipadores de energía sísmica DMF desarrollados e implementados según se ha descrito, permiten hacer plastificar zonas concretas y predeterminadas de los perfiles en I (disipadores propiamente dichos) de forma estable sin pandear cuando éstos son sometidos a cargas axiales en la dirección de la directriz de los disipadores montados en diagonal en el marco estructural.
- 2.-La aplicación de esta tecnología es decir de los DMF, mejora definitivamente el desempeño de nuestra edificación pues incorpora amortiguación a su estructura, logrando la reducción de los desplazamientos, de las fuerzas actuantes, de los esfuerzos resultantes, y de los momentos actuantes inducidos en el marco estructural de la edificación social analizada.
- 3.- Mediante la inserción de los disipadores metálicos de fluencia DMDF, se consigue un ahorro ya que no es necesario un reforzamiento de la estructura, es decir un aumento de la sección de las columnas para rigidizar la estructura nueva (acero, concreto, encofrado). Solo aumentaría el costo del disipador que es mínimo ya que para su fabricación se requiere solo perfiles de acero comunes en I y en U, pernos, retazos de planchas de acero y soldadura.
- 4.- La disminución de los desplazamientos máximos del edificio insertando los DMF, se debe a que este elemento, actúa como un amortiguador que atenúa la energía inducida

generada por la señal del sismo, reduciéndola considerablemente; como los desplazamientos de entrepiso se relacionan directamente con daños a los componentes estructurales, esta disminución, se ve reflejado evidentemente en una mayor protección sísmica.

5.- Al haberse determinado pequeños desplazamientos relativos en ambas direcciones de análisis; entonces el sistema de disipación compuesta por disipadores metálicos de fluencia DMF, le da al edificio un comportamiento adecuado y responden satisfactoriamente ante sismos severos, ya que las fuerzas internas en las columnas y vigas (marco estructural) del edificio protegido con disipadores metálicos de fluencia (DMF), disminuyeron considerablemente con referencia al edificio convencional.

5.3. Recomendaciones

1.- Realizar investigaciones referentes a las propiedades mecánicas, procedimientos de manufactura, de materiales y mecanismos que se puedan utilizar en el ámbito nacional como materia prima en la fabricación de dispositivos de disipación.

2.- Desarrollar prototipos a proporción, de sistemas con diferentes mecanismos de disipación para su desarrollo y posterior aplicación en estructuras a nivel nacional.

3.- Realizar estudios de los coeficientes y ecuaciones que aparecen en el Federal Emergency Management Agency (FEMA), Uniform Building Code (UBC) y de la Norma Chilena, para adaptarlos y aplicarlos al entorno nacional.

4.- Realizar investigaciones con diferentes tipos de disipadores metálicos con diferentes

configuraciones analizando el costo que conlleva la puesta en funcionamiento de estos mecanismos en las edificaciones y estructuras del país.

5.- Estudiar y desarrollar las técnicas procedimentales para implementar estos mecanismos difusores a estructuras ya existentes que sean de relevantes en nuestra nación.

6.- Realizar investigaciones acerca del detalle de la conexión de los disipadores con los miembros estructurales que conforman el pórtico y que actúan en las diagonales del marco estructural.

7.- Realizar investigaciones de los efectos de pandeo lateral y grandes deformaciones en los difusores metálicos de diferentes configuraciones y tipos de secciones transversales.

VI. REFERENCIAS

- Applied Technology Council, ATC-40 (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, Vols-1 and 2, California.
- Benavent-Climent, A. Morillas, L. and Vico, J. (2011). A study on using wide-flange section web under out-of-plane flexure for passive energy dissipation. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 40(5):473–490, 2011.
- Benavent, C. (2011). *An energy-based method for seismic retrofit of existing frames using hysteretic dampers*. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 31(10):1385–1396, October 2011. España.
- (Barbat y Miquel Canet 1994). *Conceptos de cálculo de estructuras en las normativas de diseño sismorresistente* Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE IS-24 Barcelona, España.
- Benavent, C. Romo, L. y (2012). *Health monitoring of WPD-type hysteretic dampers used for passive control of earthquake resistant structures by means of vibration analysis in the frequency domain*. España: Editorial de la Universidad de Granada.

- Bozzo, L. (2002). *Análisis y diseño de estructuras equipadas con disipadores de energía SL*. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima – Perú.
- Bozzo, L. y Barbat, H. (2002). *Diseño sismorresistente de estructuras*. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima – Perú.
- Bozzo, L. y Ordoñez, D. (2001). *Disipadores mecánicos de energía*. Revista BIT. Barcelona – España.
- Chopra, Anil K. (1995). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Editorial Prentice Hall.
- Dorbath, L., Cisternas, A. (1990a). *Assessment of the size of large and great historical earthquakes in Perú*. Bull. Seism. Am., 80, 551-576.
- Escobedo, A. (2010). *Frecuencias propias de vibración de un nuevo disipador pasivo de energía*. Trabajo de clase. Master en estructuras. Universidad de Granada, 2010.
- Etabs. (2007). *Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures. Structural and Earthquake Engineering Software. Computers and Structures, Inc.* University of California. Berkeley, California.
- Fema, Nehr. (1997). *Guidelines and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*. Reports N° 273-274. Washington, D.C. USA.
- García, L. (1998). *Dinámica Estructural Aplicada al Diseño Sísmico*. Ediciones Unidades.
- Guevara, H. (2012). *Diseño de un edificio aporricado con amortiguadores de fluido viscoso en disposición diagonal*. Tesis PUCP. Ingeniería Civil. Lima-Perú.
- Gómez, C, E Rosenblueth y J M Jara (1993). *Estudio paramétrico de estructuras con disipadores de energía*, Boletín del Centro de Investigación Sísmica de la Fundación Javier Barros Sierra, Vol. 3, No. 1, pp. 1-25. Mexico.

- Grajales, E. (2003). *Comportamiento dinámico de los edificios provistos con dispositivos de energía*. Tesis Maestría, Universidad Autónoma de Mexico. Postgrado en Ingeniería Estructural. Mexico.
- Hanson, D., and Soong, T-(2001). *Seismic Design with Supplemental Energy Dissipation Devices*. Monograph Sponsored by the Earthquake Engineering Research Institute, Buffalo, New York. USA.
- Jara, J., Gayala A. y Miranda E. (2000). *Seismic behavior of structures with energy dissipating systems in Mexico*. 12th World Conference of Earthquake Engineering. Auckland. New Zealand.
- Mayorga, C. (2011). *Caracterización mecánica y modelamiento estructural de un disipador pasivo de energía de tipo arriostamiento de pandeo restringido*. Universidad Nacional de Colombia. Postgrado en Estructuras. Bogotá-Colombia.
- Mendoza, J. Suarez, A. Redondo, J. and Maturana, M. (2010). *Curso de metales: ensayo de tracción en metales*. [http://www.plusformacion.com/Recursos/r/ Ensayo-tracción-metales](http://www.plusformacion.com/Recursos/r/Ensayo-tracción-metales).
- Miyashiro, L. (2009). *Estudio de mercado de la vivienda social en la ciudad de Huaraz*, desarrollado por el equipo de la oficina de investigación y desarrollo: fondo MI VIVIENDA S.A. Lima Perú.
- Morillas, L. (2014). *Proyecto sismorresistente basado en prestaciones utilizando métodos energéticos a pórticos con sistemas de control pasivo*. Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica. España: Editorial de la Universidad de Granada.
- Oviedo, R. (2008). *Dispositivos pasivos de disipación de energía para diseño sismorresistente de estructuras*. Sección de Postgrado, Ingeniería Estructural. Universidad Nacional de Ingeniería Lima-Perú.

- Oviedo, R. (2007). *Mejoramiento del Comportamiento Estructural de Colegios Utilizando Disipadores de Energía*, Perú.
- Popov, E. y Grigorian, C. (1994). *Energy dissipation with slotted bolted connections*. Report UCB/EERC-94/02. Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California. Berkeley, California. USA.
- Reglamento Nacional De Edificaciones. (2006). *Instituto de la Construcción y Gerencia*. Lima – Perú.
- Silgado, E. (1978). *Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú-INIFM-Lima-Perú*.
- Villarreal, G. (2009). *Edificaciones con disipadores de energía*. Premio Nacional ANR. Lima-Perú.
- Villarreal, G. (2007). *Interacción suelo-estructura en edificios altos*. Asamblea Nacional de Rectores. Lima – Perú.
- Villarreal, G. (2016). *Diseño sismorresistente de edificaciones con disipadores de energía*. Editor Oviedo Ingenieria EIRL. Lima – Perú.
- Villarreal, G. (2008). *Edificaciones con disipadores de energía*. Premio nacional ANR 2008.

VII. ANEXOS

Anexo 1

Tabla A- 1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

“EFECTOS DEL DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA EN ESTRUCTURAS DE EDIFICACIONES SOCIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ”

HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADOR	DIMENSIONES
HIPÓTESIS GENERAL Mediante la inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF, se mejora significativamente el comportamiento estructural de edificaciones sociales.	VI: Inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF.	Longitud, espesor, sección transversal de perfiles estructurales, diámetro pernos, cantidad de perforaciones en la superficie de la pared de perfil en U y del disipador en I, cantidad de pernos.	m, cm. cm ² , n1, n2
	VD: Mejorar comportamiento estructural de las edificaciones sociales	a) Fuerzas sísmicas actuantes en el ME, en vigas y columnas b) Momentos estructurales actuantes, en vigas y columnas c) Esfuerzos estructurales actuantes, en vigas y columnas d) Desplazamientos y distorsiones máximas en el ME, en vigas y columnas	a)T b)T*m c)T/m ² d)mm
HIPÓTESIS ESPECIFICA 1 La inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF, atenúa las fuerzas actuantes en el marco estructural de la edificación social.	VI: Inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF.	Longitud, espesor, sección transversal de perfiles estructurales, diámetro pernos, cantidad de perforaciones en la superficie de la pared de perfil en U y del disipador en I, cantidad de pernos.	m, cm. cm ² , n1, n2
	VD: Atenuar las fuerzas actuantes en el marco estructural.	Fuerzas en el marco estructural en vigas y columnas.	T
HIPÓTESIS ESPECIFICA 2 La inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF, atenúa los momentos actuantes en el marco estructural.	VI: Inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF	Longitud, espesor, sección transversal de perfiles estructurales, diámetro pernos, cantidad de perforaciones en la superficie de la pared de perfil en U y del disipador en I, cantidad de pernos.	m, cm. cm ² , n1, n2
	VD: Atenuar los momentos resultantes en el marco estructural.	Momentos en el marco estructural en vigas y columnas.	T*m
HIPÓTESIS ESPECIFICA 3 La inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF, atenúa los esfuerzos resultantes en el marco estructural.	VI: Inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF.	Longitud, espesor, sección transversal de perfiles estructurales, diámetro pernos, cantidad de perforaciones en la superficie de la pared de perfil en U y del disipador en I, cantidad de pernos.	m, cm. cm ² , n1, n2
	VD: Atenuar los esfuerzos resultantes en el marco estructural.	Esfuerzos en el marco estructural en vigas y columnas.	T/m ²
HIPÓTESIS ESPECIFICA 4 La inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF, reduce los desplazamientos del marco estructural.	VI: Inserción de los disipadores sísmicos metálicos de fluencia DMF.	Longitud, espesor, sección transversal de perfiles estructurales, diámetro pernos, cantidad de perforaciones en la superficie de la pared de perfil en U y del disipador en I, cantidad de pernos.	m, cm. cm ² , n1, n2
	VD: Reducir los desplazamientos en el marco estructural.	Deformaciones en el marco estructural en vigas y columnas.	mm

Anexo 2

Tabla A- 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

“EFECTOS DEL DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA EN ESTRUCTURAS DE EDIFICACIONES SOCIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera, los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, influye en el comportamiento estructural de edificaciones sociales en el Distrito de Independencia Huaraz-Ancash?	OBJETIVO GENERAL Determinar los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia en el comportamiento estructural de edificaciones sociales.	HIPÓTESIS GENERAL Mediante la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, se mejora significativamente el comportamiento estructural de edificaciones sociales.	VARIABLE INDEPENDIENTE Inserción de los disipadores sísmicos de fluencia VARIABLE DEPENDIENTE Mejorar el comportamiento estructural de las edificaciones sociales.
PROBLEMA ESPECÍFICO 1 ¿De qué manera, los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, logra controlar los daños inevitables luego del evento sísmico, atenuando las fuerzas actuantes en el marco estructural de la edificación social?	OBJETIVO ESPECÍFICO 1 Determinar los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, para atenuar las fuerzas actuantes en el marco estructural de la edificación social y controlar los daños inevitables luego del evento sísmico.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1 La inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, atenúa las fuerzas actuantes en el marco estructural de la edificación social.	VARIABLE INDEPENDIENTE Inserción de los disipadores sísmicos de fluencia VARIABLE DEPENDIENTE Atenuar las fuerzas actuantes en el marco estructural.
PROBLEMA ESPECÍFICO 2 ¿De qué manera, los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, logra mejorar el desempeño sísmico de las estructuras de las edificaciones sociales atenuando los momentos en el marco estructural?	OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Determinar los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, en el desempeño sísmico de las estructuras de las edificaciones sociales, para atenuar los momentos actuantes en el marco estructural.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2 La inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, atenúa los momentos actuantes en el marco estructural.	VARIABLE INDEPENDIENTE Inserción de los disipadores sísmicos de fluencia VARIABLE DEPENDIENTE Atenuar los momentos resultantes en el marco estructural.
PROBLEMA ESPECÍFICO 3 ¿De qué manera los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, absorben parte de la energía sísmica y evita el colapso de la estructura de una edificación social a t e n u a n d o los esfuerzos en el marco estructural?	OBJETIVO ESPECÍFICO 3 Determinar los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, que absorbe parte de la energía sísmica para atenuar los esfuerzos resultantes en el marco estructural evitando el colapso de la edificación social.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3 La inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, atenúa los esfuerzos resultantes en el marco estructural.	VARIABLE INDEPENDIENTE Inserción de los disipadores sísmicos de fluencia VARIABLE DEPENDIENTE Atenuar los esfuerzos resultantes en el marco estructural.
PROBLEMA ESPECÍFICO 4 ¿De qué manera los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, incrementan la protección de respuesta sísmica en las edificaciones sociales reduciendo los desplazamientos del marco estructural?	OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Determinar los efectos de la inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, para incrementar la protección de respuesta sísmica en las edificaciones sociales, reduciendo los desplazamientos del marco estructural.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 4 La inserción de los disipadores sísmicos de fluencia, reduce los desplazamientos del marco estructural	VARIABLE INDEPENDIENTE Inserción de los disipadores sísmicos de fluencia. VARIABLE DEPENDIENTE Reducir los desplazamientos en el marco estructural.

Anexo 3

Tabla A- 3. RESUMEN TERREMOTOS IMPORTANTES OCURRIDOS EN EL PERÚ DESDE LA ÉPOCA COLONIAL.

(El número de víctimas en algunos casos es aproximado)

Fecha	Magnitud	Nombre	Epicentro	Zonas afectadas	Víctimas y daños materiales
31 de mayo, 1970	7.9 Mw	Áncash de 1970	Océano Pacífico, frente a las costas del departamento de Áncash	Norte del Perú.	El más catastrófico ocurrido en el Perú, por la cantidad de víctimas. 100 000 muertos (25 000 desaparecidos); 358 000 heridos (157 245 hospitalizados); 3 000 000 damnificados. La ciudad de Yungay desaparece cubierta por un gigantesco aluvión. Destrucción de Huaraz y otras ciudades. Sentido desde Tumbes hasta Ica y desde la costa hasta Iquitos.
3 de octubre, 1974	8.1 Mw	Lima de 1974	Al Oeste de la Región Central, en la costa sur del departamento de Lima.	Dptos. Lima e Ica.	Duración de cerca de 2 minutos. 252 muertos; 3600 heridos; 300 000 damnificados. Son afectadas Lima, Mala, Cañete, Chincha y Pisco. En Lima sufrieron daños edificios públicos, iglesias, monumentos históricos. El Tsunami inundó varias fábricas en El Callao.
4 de abril, 1991	6,9 Mw	Nororiente del Perú de 1991	En la Amazonía, departamento de San Martín.	Noreste del Perú	40 muertos; 800 heridos; 235 000 damnificados.
12 de noviembre, 1996	7.7 Mw	Nasca de 1996	Al Suroeste de la Región Central-Sur, límites de los dptos. de Ica y Arequipa.	Sur del Perú	Casi 20 muertos; 2 000 heridos; 200 000 damnificados.
23 de junio, 2001	8,4 Mw	Sur del Perú del 2001	En el mar, frente a las costas del departamento de Arequipa, Perú	Sur del Perú	Es el sismo de mayor magnitud que ocurrió en el Perú, del cual se tenga registro instrumental. 240 muertos (70 desaparecidos); 2 400 heridos; 460 000 damnificados.
25 de septiembre, 2005	7,5 Mw	Lamas del 2005	90 km al NE de Moyobamba, departamento de San Martín	Norte y parte del Centro del Perú.	10 muertos; 164 heridos; 12 600 damnificados. Daños más severos en Lamas, en el departamento de San Martín, limitando con el departamento de Loreto.
15 de agosto, 2007	8,0 Mw (6,9 ML)	Pisco e Ica del 2007	Océano Pacífico, a 40 km al Oeste de Chincha Alta, departamento de Ica.	Provincia de Pisco, Chincha, Ica y Cañete	595 fallecidos, 2291 heridos, 76 000 viviendas destruidas e inhabitables y 431 000 personas afectadas. ²

Anexo 4

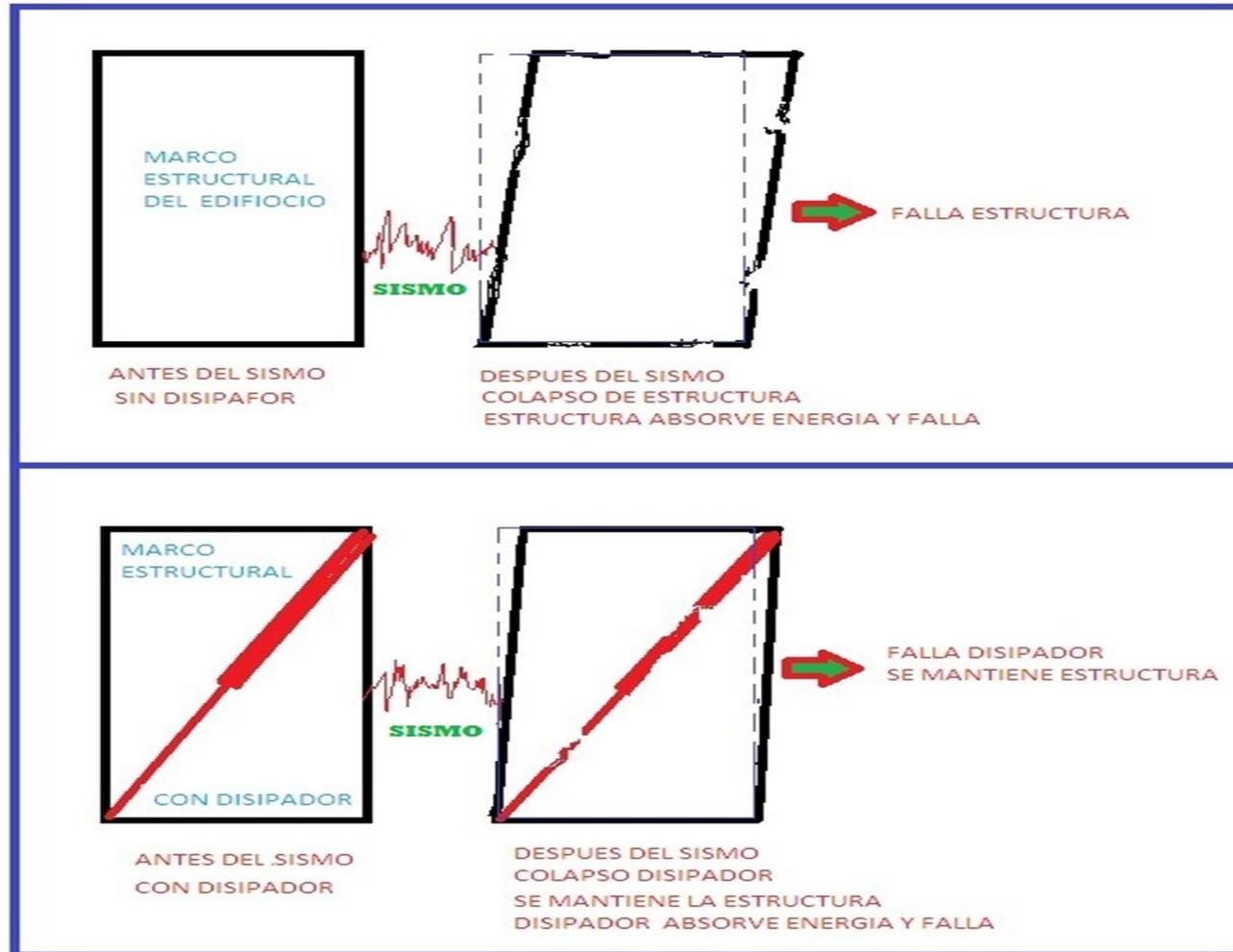
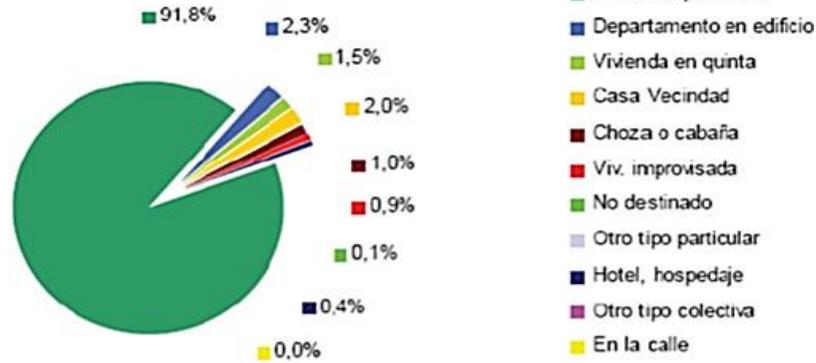


Figura A-1. Comportamiento del marco estructural de la edificación convencional con disipador incorporado.

Anexo 5

(En porcentaje)



Fuente: Censos Nacionales XI de Población y VI de Vivienda 2007 – INEI.

Figura A-2. Tipo de vivienda

Tabla A-4. Tipo de vivienda por distrito

(En porcentaje)

Tipo	Huaraz	Independencia
Casa Independiente	88,6	94,3
Departamento en edificio	3,9	1,1
Vivienda en quinta	1,6	1,4
Casa Vecindad	2,1	1,9
Choza o cabaña	1,7	0,4
Viv. improvisada	1,2	0,6
No destinado	0,1	0,1
Otro tipo particular	0,0	0,0
Hotel, hospedaje	0,7	0,1
Otro tipo colectiva	0,1	0,1
En la calle	0,0	0,0
Total (viviendas)	15 294	19 177

Fuente: Censos Nacionales XI de Población y VI de Vivienda 2007 – INEI.

CIRCUITO SÍSMICO

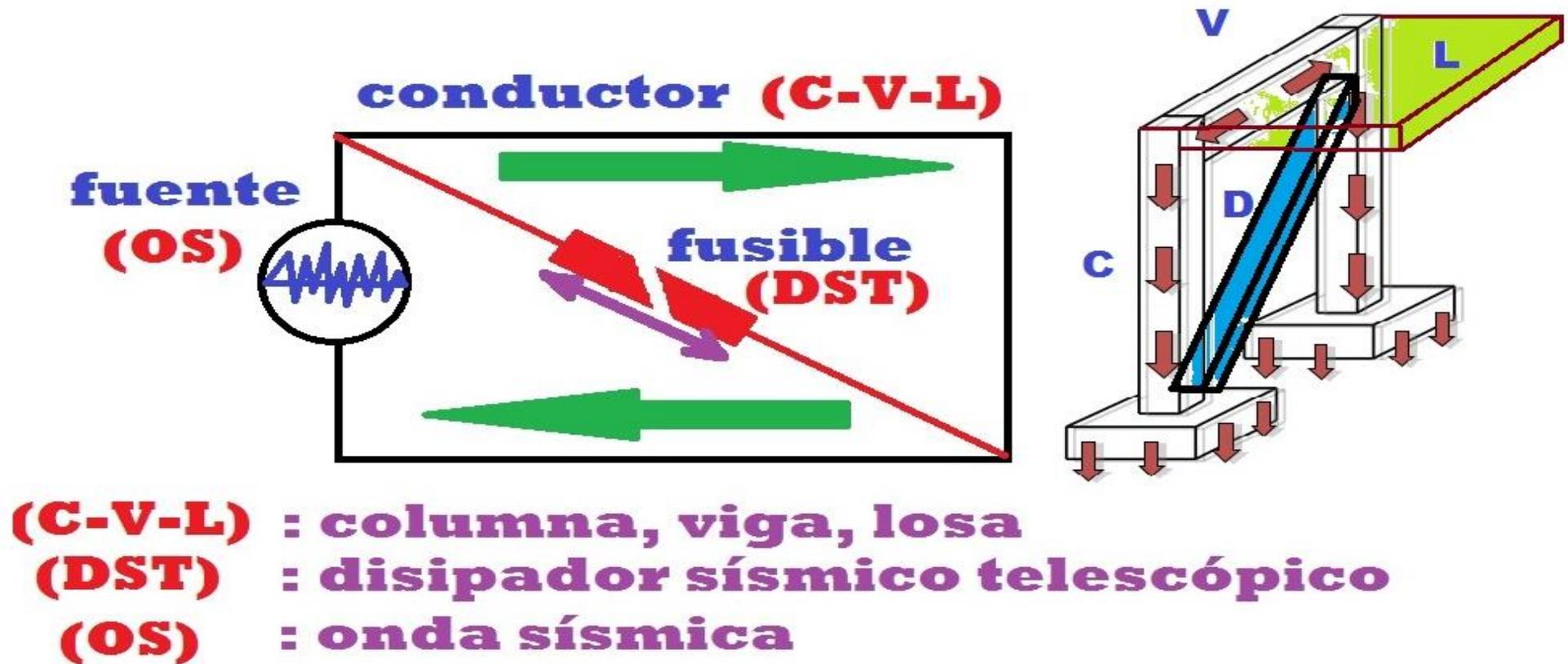
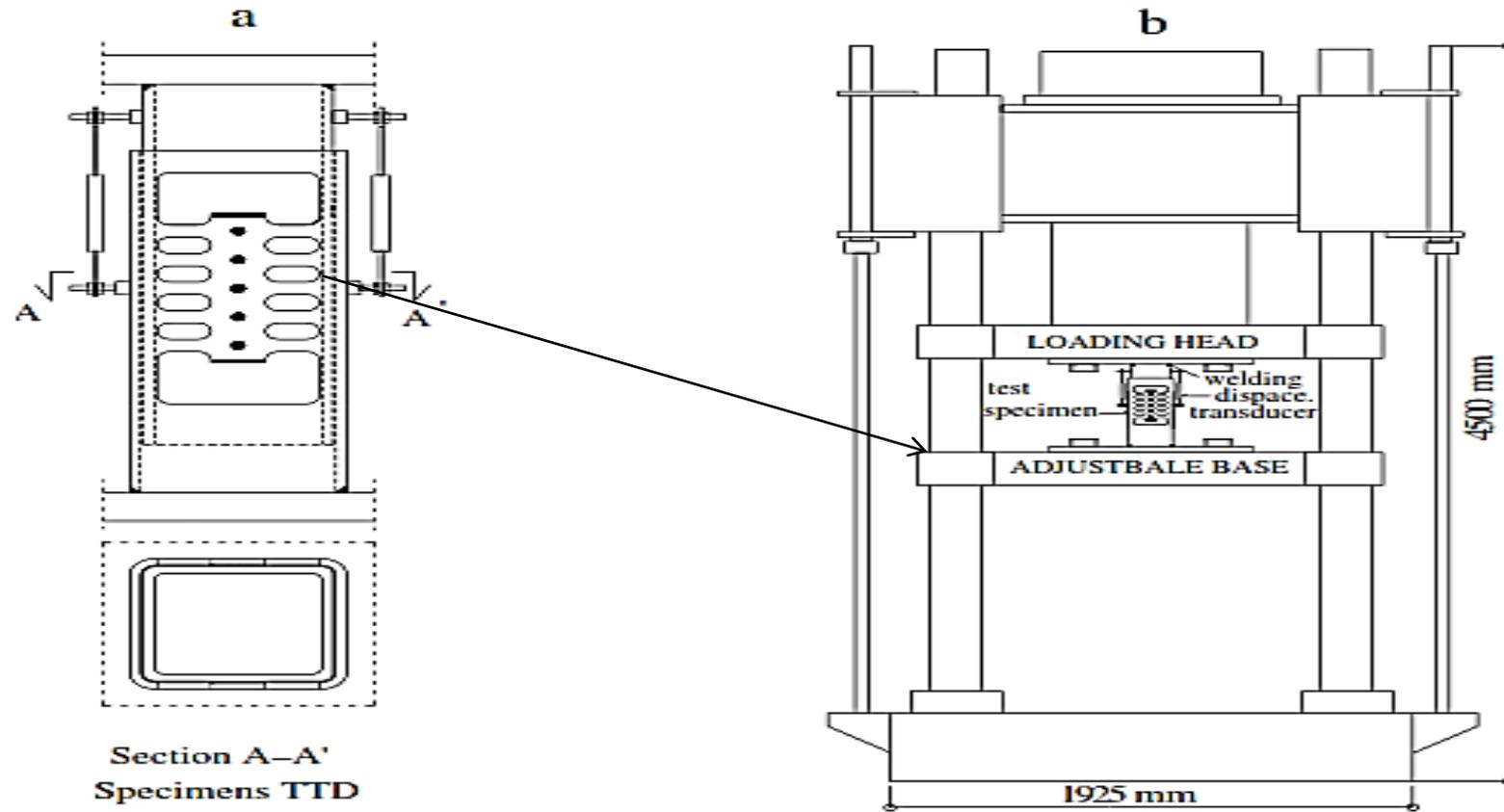


Figura A-3. Circuito sísmico equivalente y comportamiento marco estructural, de la edificación convencional y con disipador incorporado.

Anexo 7



Fuente: A. Benavent -Climent/Engineering Structures 32(2010)1113-1122

Disipador TTD sometido al servo generador de impulsos

Fig. A-4 (a) Muestras de ensayo para las series TTD, (b) Configuración para la prueba de ensayo

Anexo 8

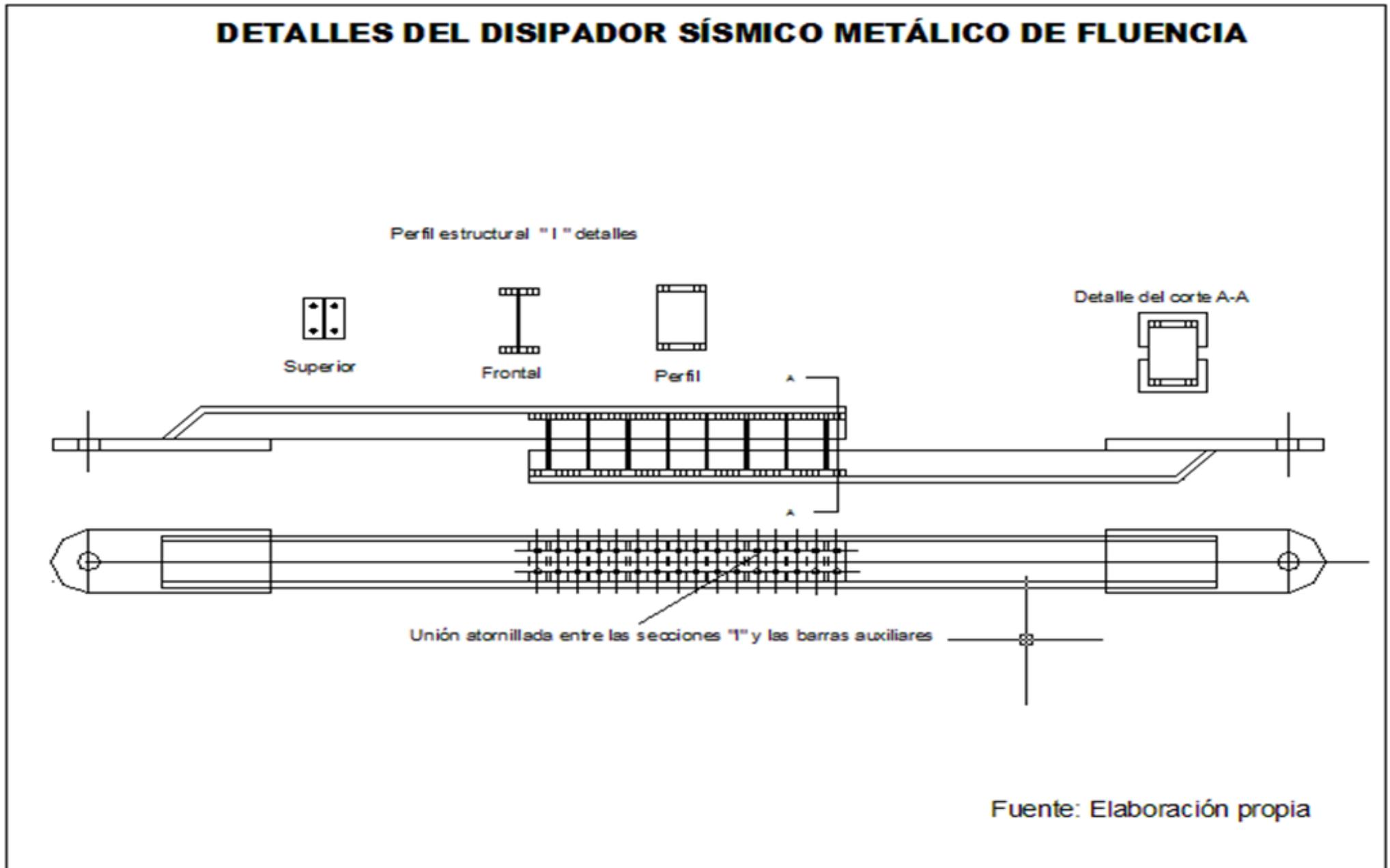


Fig. A-5 Detalles del disipador sísmico metálico de fluencia

Anexo 9

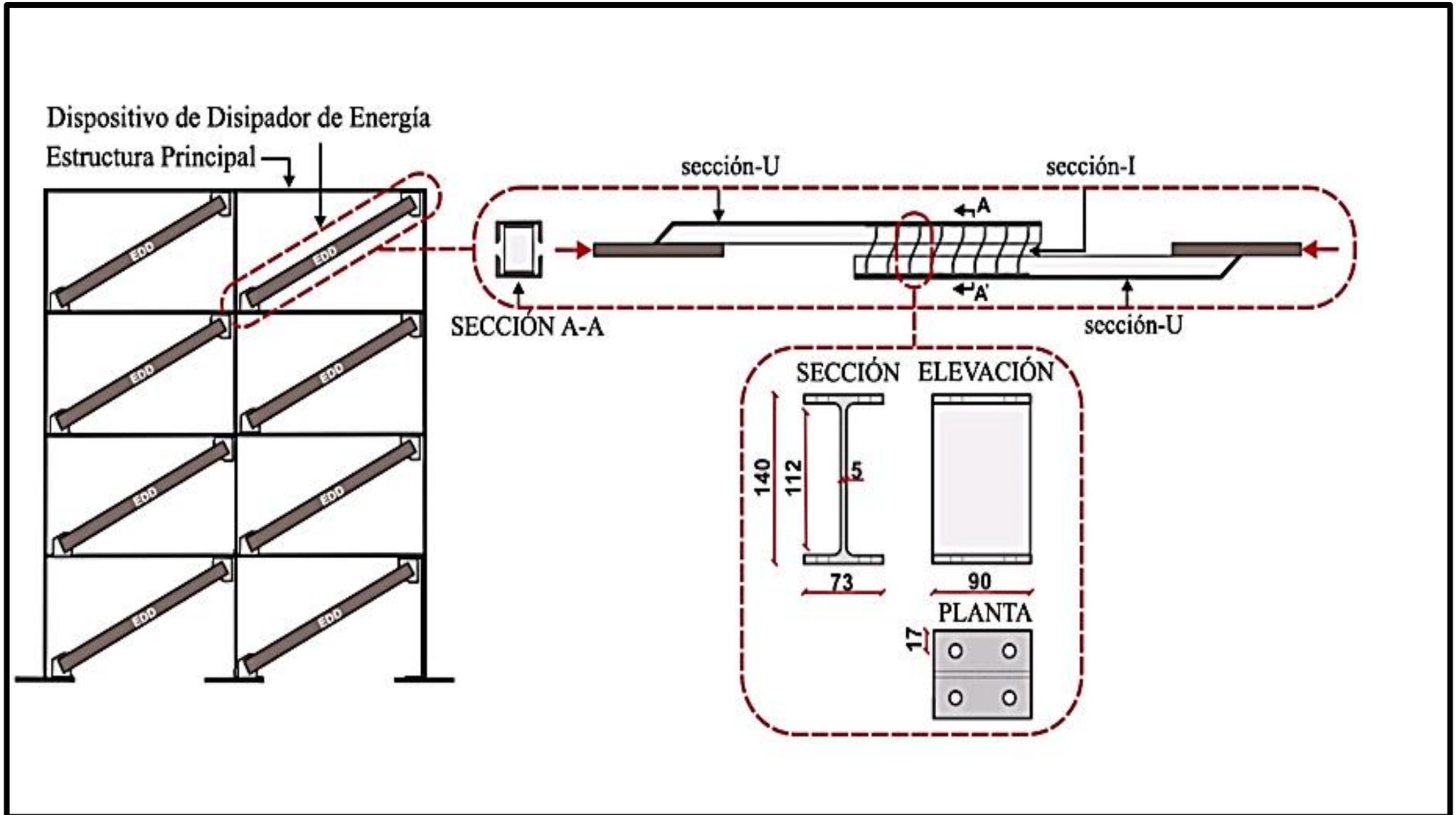


Fig. A-6 Vistas de las secciones del disipador DMF, montaje en pórtico

Anexo 10



Fig. A-7 Montaje del dissipador en los talleres de mecanización de la Facultad de Ciencias Agrarias UNASAM-HZ-ANCASH.

Anexo 11

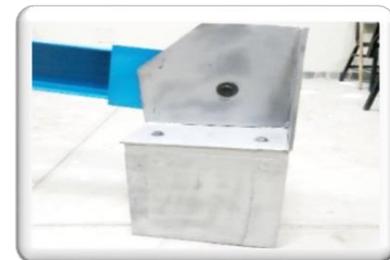
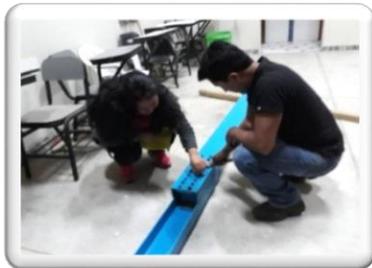
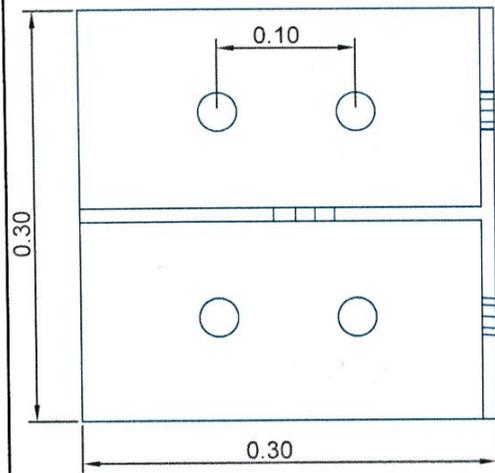
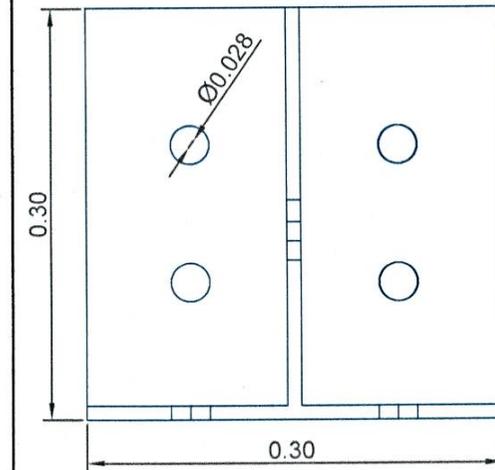


Fig. A-8 Panel fotográfico del mantenimiento del disipador en los talleres de mecanización de la Facultad de Ciencias Agrarias UNASAM-HZ-ANCASH.

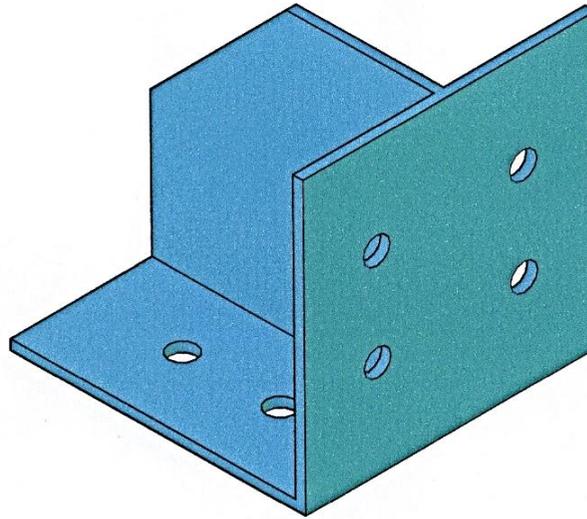
Anexo 12



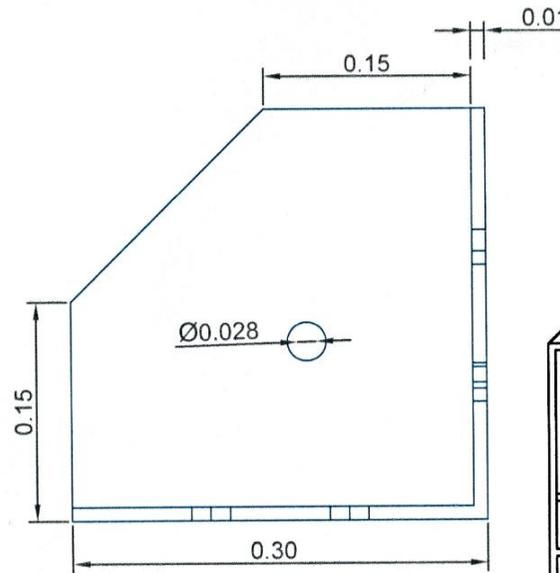
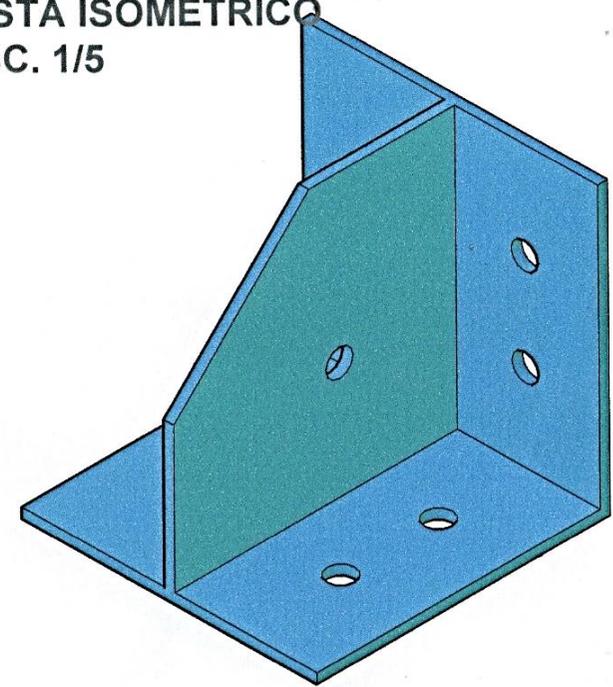
VISTA EN PLANTA
ESC. 1/5



VISTA FRONTAL
ESC. 1/5



VISTA ISOMÉTRICO
ESC. 1/5

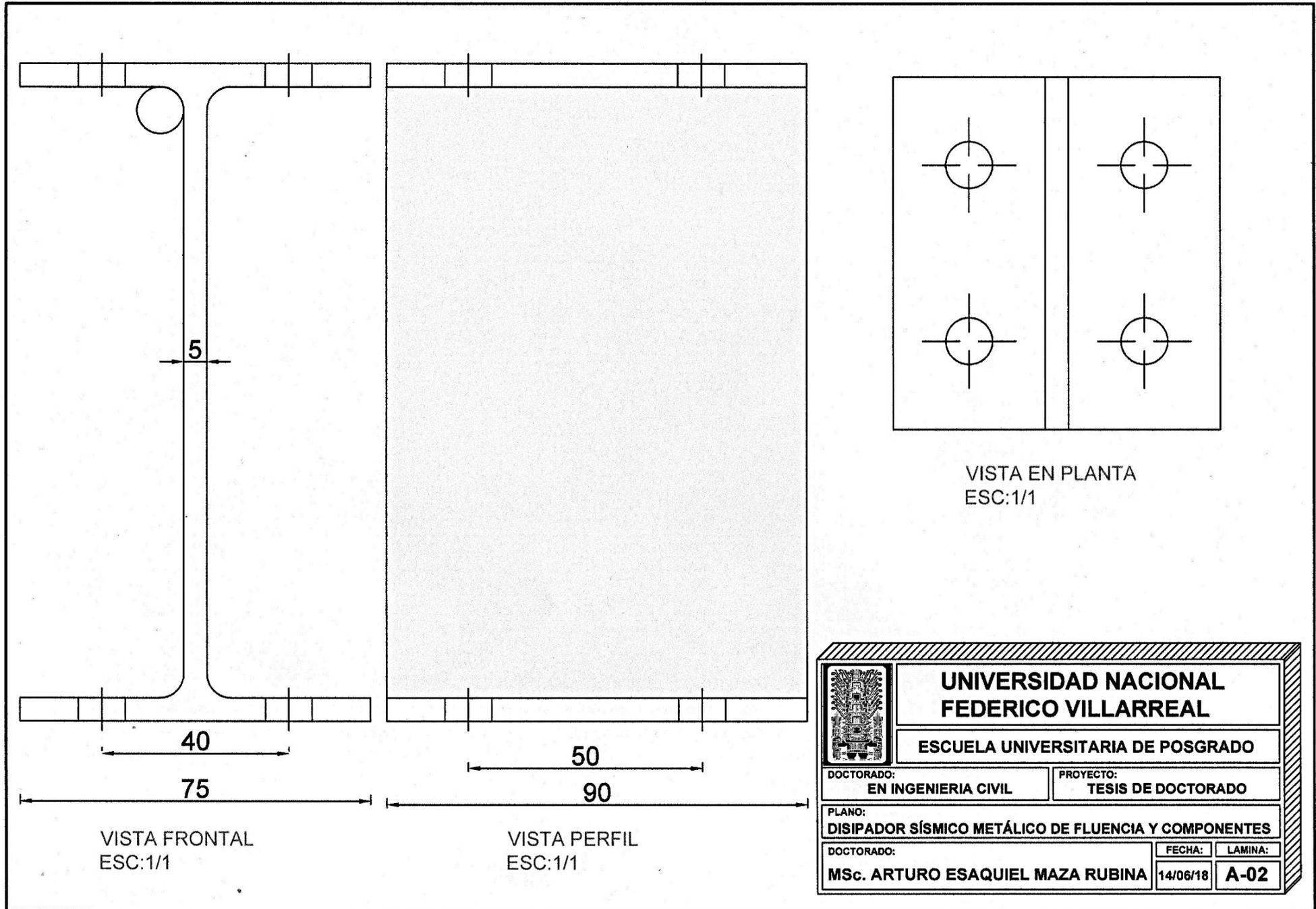


VISTA PERFIL
ESC. 1/5

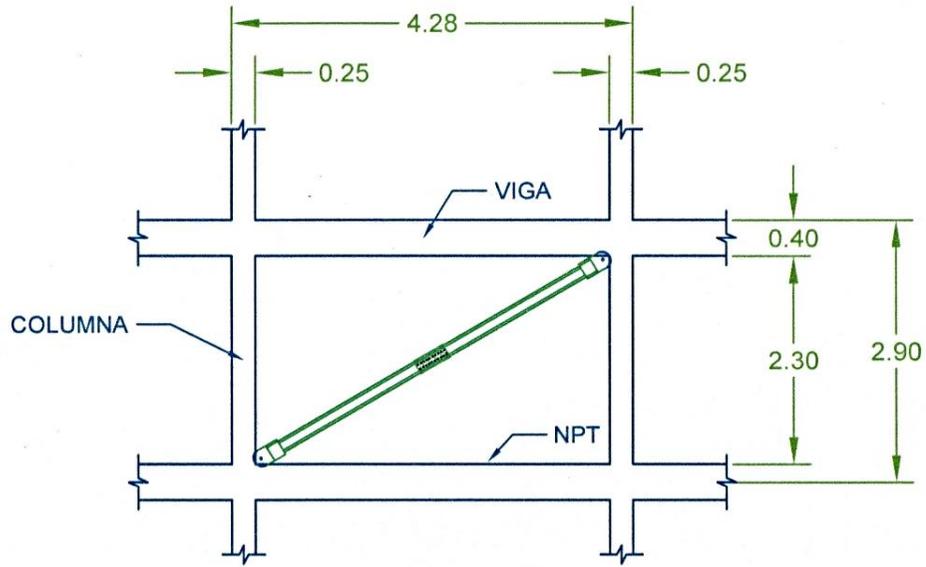
NOTA: Las vistas estan acotados en metros (m).

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL			
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO			
DOCTORADO: EN INGENIERIA CIVIL		PROYECTO: TESIS DE DOCTORADO	
PLANO: DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA Y COMPONENTES			
DOCTORADO: MSc. ARTURO ESAQUIEL MAZA RUBINA		FECHA: 14/08/18	LAMINA: A-01

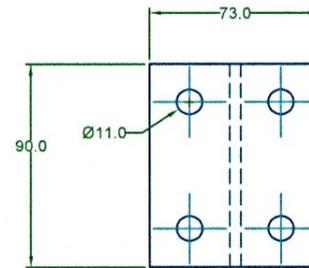
Anexo 13



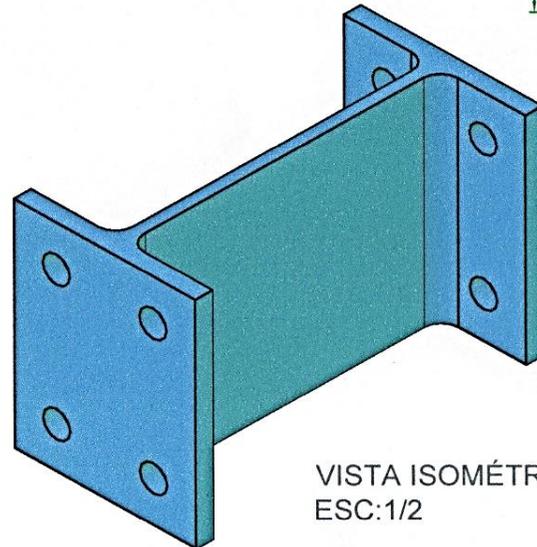
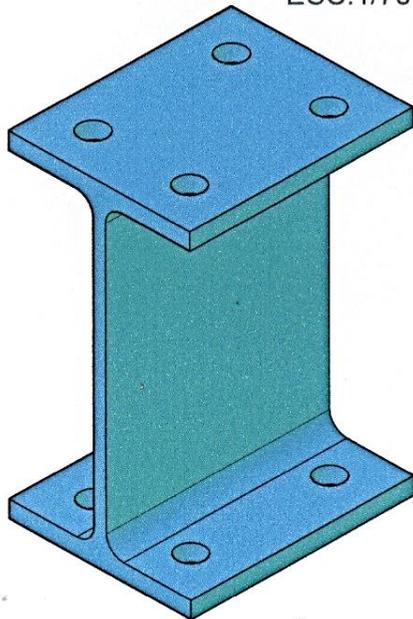
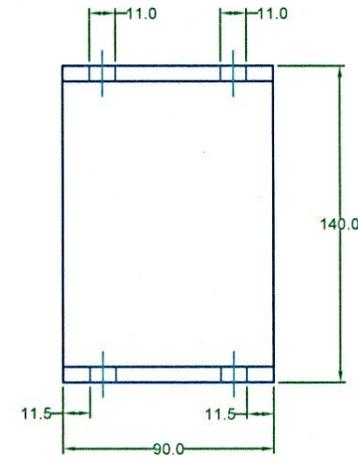
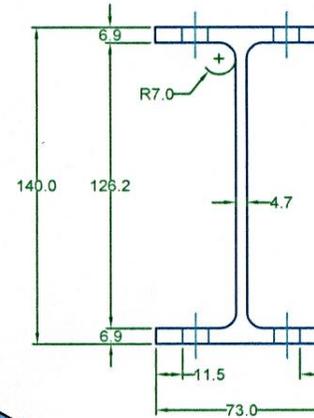
Anexo 14



PLANTA GENERAL
ESC:1/75



DETALLES DISIPADOR
ESC:1/3

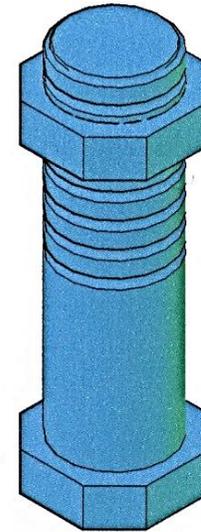
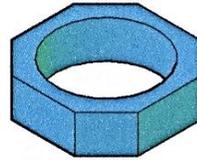


VISTA ISOMÉTRICO
ESC:1/2

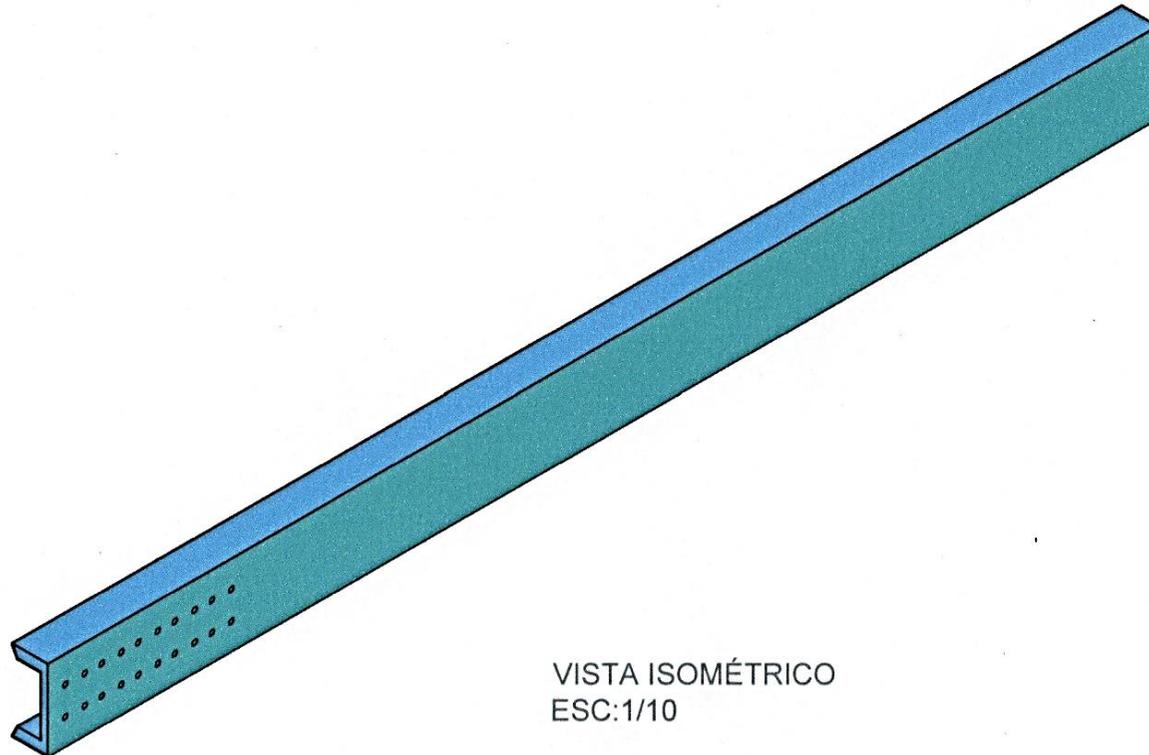
	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL	
	ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO	
DOCTORADO: EN INGENIERIA CIVIL	PROYECTO: TESIS DE DOCTORADO	
PLANO: DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA Y COMPONENTES		
DOCTORADO: MSc. ARTURO ESAQUIEL MAZA RUBINA	FECHA: 14/06/18	LAMINA: A-03

Anexo 15

VISTA ISOMÉTRICO
ESC:1/2



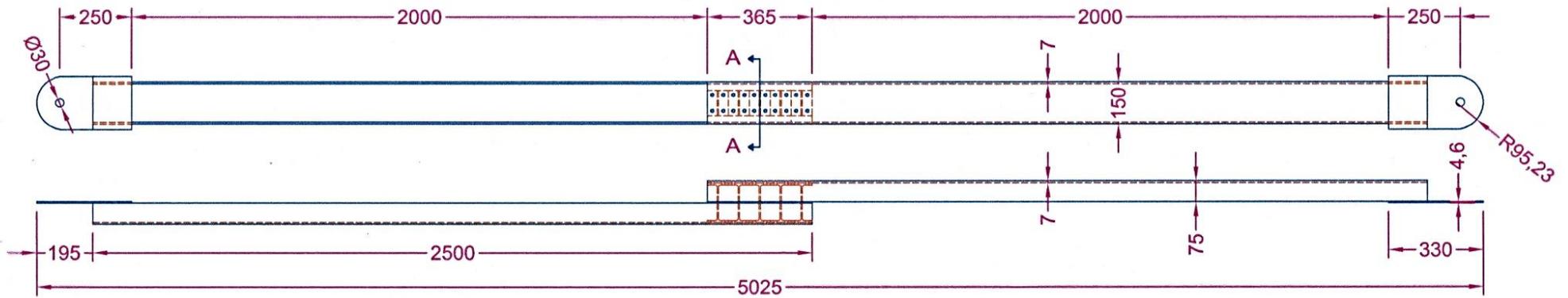
VISTA ISOMÉTRICO
ESC:1/2



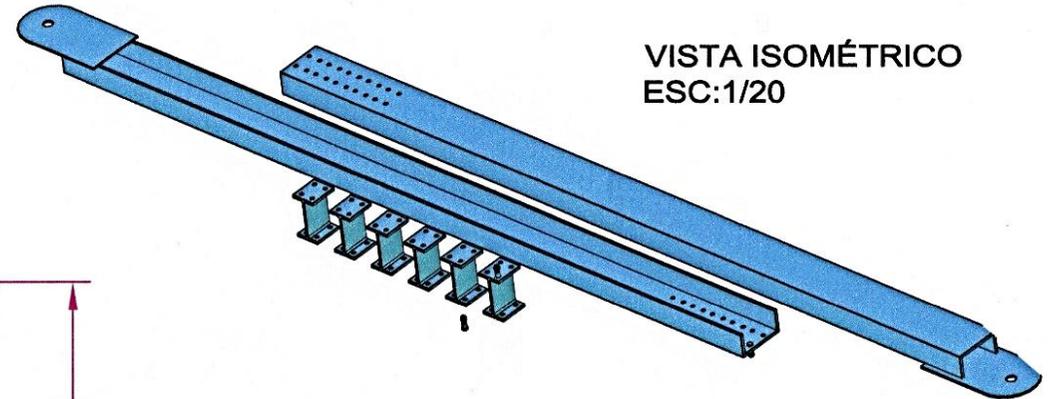
VISTA ISOMÉTRICO
ESC:1/10

	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL	
	ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO	
DOCTORADO: EN INGENIERIA CIVIL	PROYECTO: TESIS DE DOCTORADO	
PLANO: DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA Y COMPONENTES		
DOCTORADO: MSc. ARTURO ESAQUIEL MAZA RUBINA	FECHA: 14/06/18	LAMINA: A-04

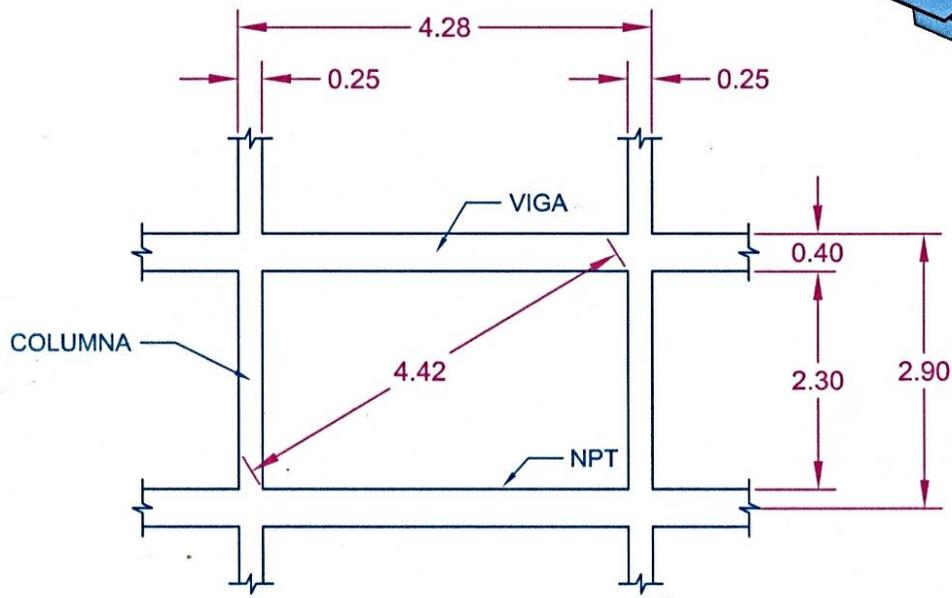
Anexo 16



VISTA PLANTA Y PERFIL
ESC:1/20



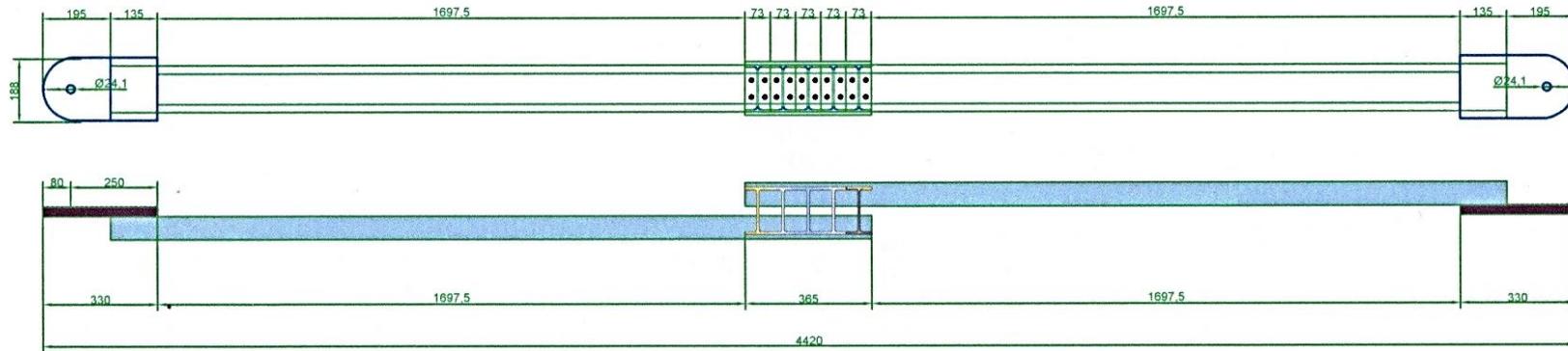
VISTA ISOMÉTRICO
ESC:1/20



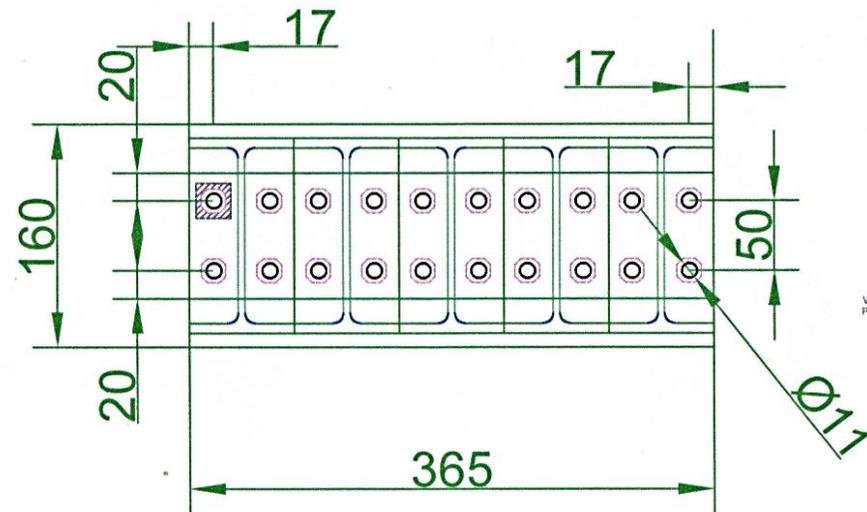
DETALLES DEL PORTICO
ESC:1/75

	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL	
	ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO	
DOCTORADO: EN INGENIERIA CIVIL	PROYECTO: TESIS DE DOCTORADO	
PLANO: DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA Y COMPONENTES		
DOCTORADO: MSc. ARTURO ESAQUIEL MAZA RUBINA	FECHA: 14/06/18	LAMINA: A- 6

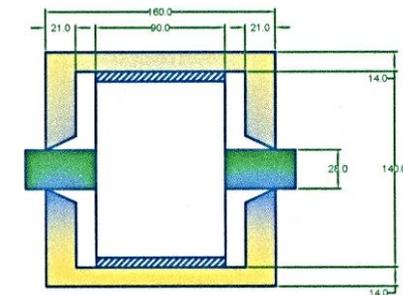
Anexo 17



VISTA PLANTA
ESC:1/20



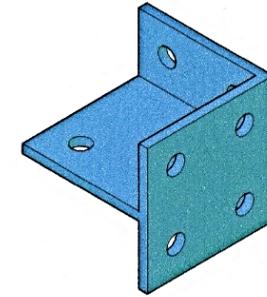
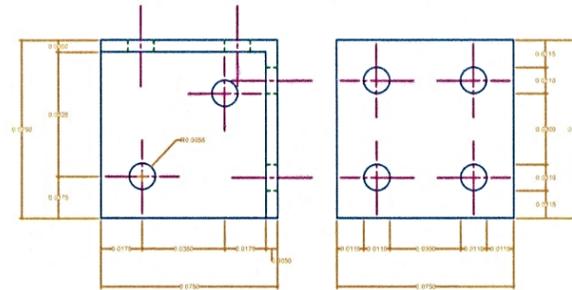
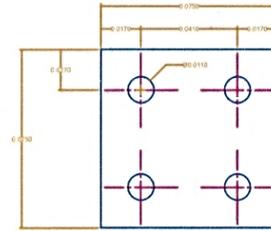
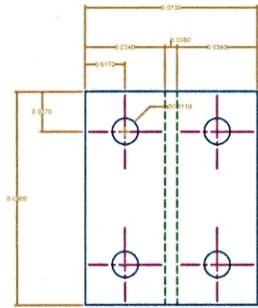
DETALLES DEL DISIPADOR
ESC:1/5



DETALLES DEL DISIPADOR
ESC:1/5

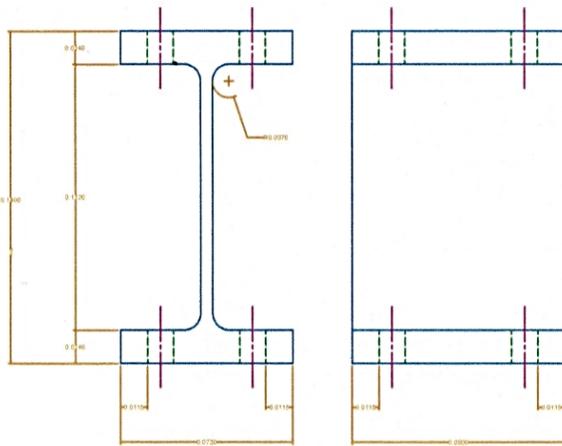
	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL	
	ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO	
DOCTORADO: EN INGENIERIA CIVIL	PROYECTO: TESIS DE DOCTORADO	
PLANO: DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA Y COMPONENTES		
DOCTORADO: MSc. ARTURO ESAQUIEL MAZA RUBINA	FECHA: 14/06/18	LAMINA: A-08

Anexo 18

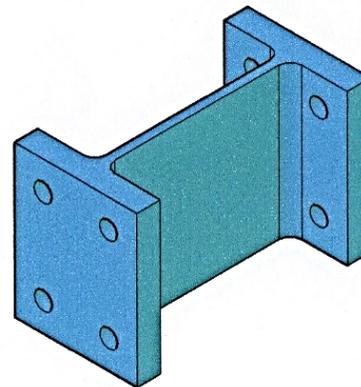


VISTA PLANTA
ESC:1/20

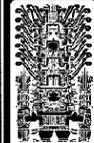
VISTA ISOMÉTRICO
ESC:1/20



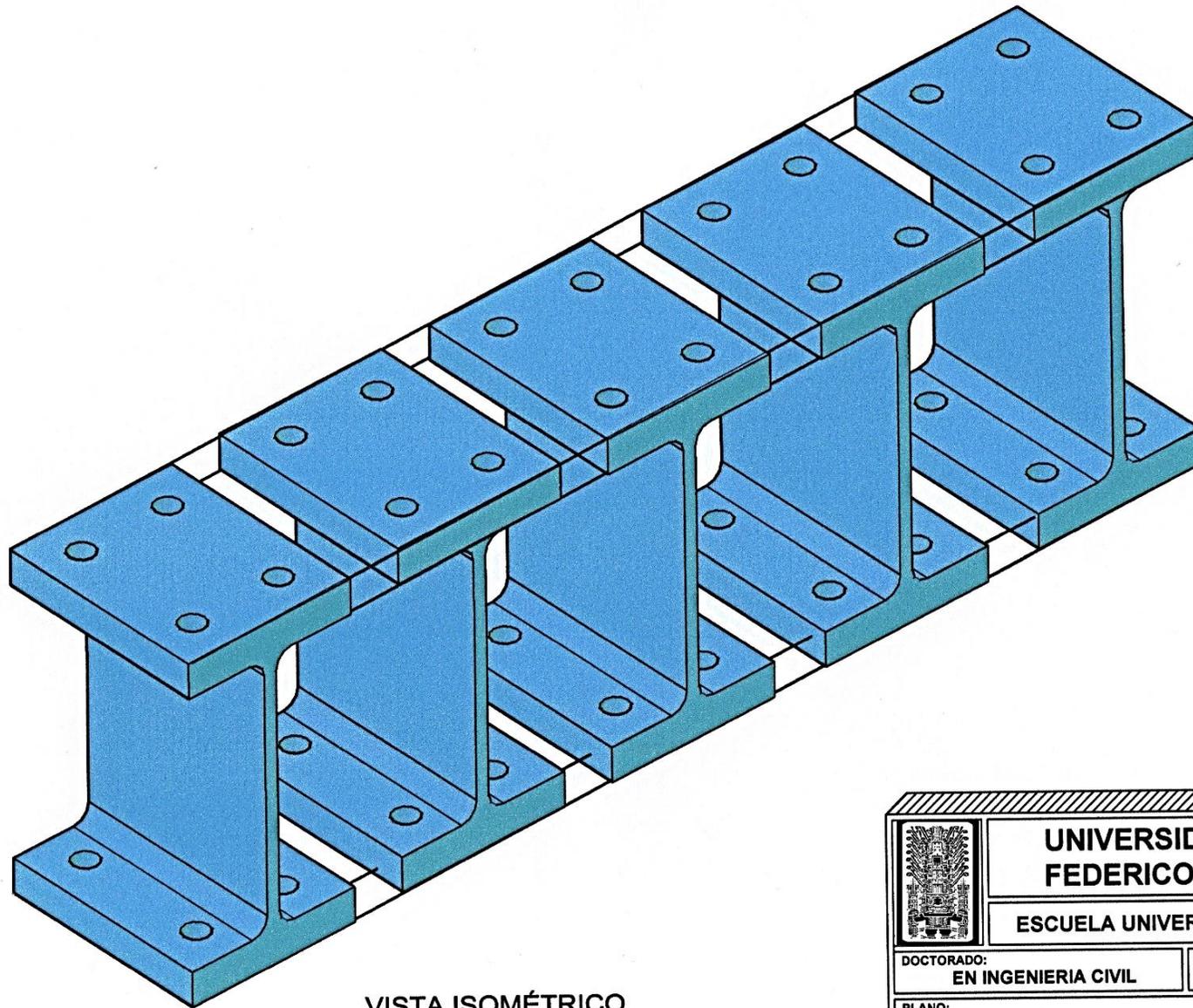
VISTA PLANTA - PERFIL
ESC:1/20



VISTA ISOMÉTRICO
ESC:1/20

	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL	
	ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO	
DOCTORADO: EN INGENIERIA CIVIL	PROYECTO: TESIS DE DOCTORADO	
PLANO: DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA Y COMPONENTES		
DOCTORADO: MSc. ARTURO ESAQUIEL MAZA RUBINA	FECHA: 14/06/18	LAMINA: A-10

Anexo 19



VISTA ISOMÉTRICO
ESC:1/5

	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL	
	ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO	
DOCTORADO: EN INGENIERIA CIVIL	PROYECTO: TESIS DE DOCTORADO	
PLANO: DISIPADOR SÍSMICO METÁLICO DE FLUENCIA Y COMPONENTES		
DOCTORADO: MSc. ARTURO ESAQUIEL MAZA RUBINA	FECHA: 14/06/18	LAMINA: A-13